







27
STUDJ

SU LA

FILOSOFIA NATURALE

DI

GIOVANNI CANTONI

PROFESSORE DI FISICA



PAVIA

TIPOGRAFIA IN DITTA EREDI BIZZONI

1865.



STUDJ
SU LA
FILOSOFIA NATURALE

DI
GIOVANNI CANTONI

PROFESSORE DI FISICA



PAVIA
TIPOGRAFIA IN DITTA EREDI BIZZONI
1865.

AL BENEVOLO LETTORE

Eccoti un libro fatto a quel modo ond'è facile assai il farne. È una raccolta d'alcuni vecchi scritti, dati fuori in diversi periodici. E di più sono di quegli scritti d'occasione, i quali, poco dopo la loro pubblicazione, scapitano assai di valore.

Eppure, se non m'illude al tutto lo speciale amore che si mette alle cose proprie, parmi che, nel loro insieme, possano ancora offrire qualche interesse, almeno per quei giovani che amano seguire lo sviluppo istorico delle scienze.

Troverai qui toccati di quei fatti generali e di quelle generali vedute che segnano, quasi a dire, i punti di collegamento delle varie sezioni delle scienze fisiche e naturali. Ed è perciò che m'azzardai a ripubblicare codesti scritti, e ad intitolarti: Studi su la filosofia naturale.

A vero dire, è codesto un titolo assai pomposo. Ma parmi che non sia da chiamar altrimenti che filosofia naturale quella scienza, la quale intende a coordinare tra loro, e quasi a sintetizzare i più generali risultati d'ogni ramo di studi su la natura, come sono l'astronomia, la fisica, la chimica, la fisiologia e l'istoria naturale. E ciò a quel modo che altri, chiamò filosofia civile quella scienza, che si propone

di stringere, sotto generali principii, le più spiccate risultanze dello studio comparativo delle varie credenze religiose, e delle varie istituzioni politiche, civili ed economiche dei diversi popoli.

Avverti però che codesta filosofia della natura non è mica quella scienza, tutta speculativa e non poco ambiziosa, che talune scuole alemanne, e segnatamente quella di Hegel, chiamarono collo stesso nome. Essa, muovendo dalle nebulose regioni dell'ente e dell'idea, pretende di svolgere, quasi a modo di deduzione ed applicazione, tutte le generalità intravedute dalle scienze fisico-naturali, senza molto curarsi di quanto in realtà codeste scienze vennero scoprendo, con paziente e minuto studio, a mezzo dell'osservazione. È questo un ritorno su la falsa via nella quale s'era messa la filosofia nelle antiche scuole greche, quando la cosmologia veniva trattata in modo puramente congetturale, riguardandola quale una parte della metafisica od ontologia. Ed in vero, se toglì alcune felici intuizioni di Filolao, di Parmenide, di Empedocle e di Platone, le quali fanno prova soltanto del potente loro ingegno, io ignoro ancora, sebbene ne abbia fatto qualche studio, cosa mai abbian fruttato per la severa scienza del Cosmo le tante discussioni delle scuole di Grecia, di Magna Grecia e d'Alessandria intorno alla costituzione del Mondo. E manco so vedere che abbian fruttato le fantastiche dottrine di Schelling e di Hegel su la scienza della Natura.

Per me tutte codeste sottili ricerche speculative perdono ogni pregio scientifico rimpetto agli impareggiabili Dialoghi sul sistema del mondo di Galileo, agli immortali Principii di

filosofia naturale di Newton ed alla sapiente Esposizione del sistema del mondo di Laplace. Codesti lavori avranno, in ogni tempo, un valore grandissimo: poichè qui la potenza del genio venne soccorsa ed infrenata ad ogni tratto dal sicuro lume dell'osservazione e dalla severa logica delle matematiche. E quest'è la precipua cagione del più rapido progredire che oggi fanno le scienze sperimentali a confronto delle scienze filosofiche; le prime proponendosi un obbietto determinato e non troppo remoto, seguono vie meno ingannevoli per riconoscerlo nei suoi particolari: le altre invece, mirando sì lungi, che l'obbietto appar confuso per iscarrezza di lume, mal sanno discernere le vie più proprie ad accostarlo, e spesso manca loro la lena per seguire la lunga catena di indagini e di raziocini voluta ad acquistarne cognizione, lasciandosi fuorviare dalle impazienze o dalle presunzioni della fantasia.

Ma anco le scienze sperimentali offrono non poche dubbiezze nelle loro dottrine, tanto che, in breve volger d'anni, ne vediamo alcune subire profonde rimutazioni. Coll'allargarsi del campo de' fatti da noi studiati, vanno moltiplicandosi, da una parte, le differenze nelle condizioni di produzione dei particolari fenomeni, e nelle proprietà dei singoli corpi: e, d'altra parte, vanno disvelandosi nuove attinenze fra i diversi ordini di fenomeni fisici, chimici e fisiologici e tra le generali proprietà delle varie classi di sostanze e di esseri. Talchè, per un verso, codeste scienze tendono a suddividersi in istudi sempre più speciali, e, per l'altro, tendono a collegarsi tra loro, sollevando a più generali con-

siderazioni certi principii comuni. Epperò, col successivo progredire di questi studi, nel mentre l'uomo guadagna in possanza, scoprendo modi sempre più acconci e più spediti di volgere a proprio servizio le forze e le cose naturali, vedesi dischiudere innanzi un orizzonte ognor più sconfinato di ricerche e di studi, che lo fa accorto essere maggiore d'assai la somma delle cose ignorate in confronto a quella delle cognizioni sicuramente possedute.

Negli scritti che qui riproduco volli serbare il loro originale dettato, onde non fossero occultate quelle mutazioni d'opinione, alle quali fui condotto dai successivi studi, poichè esse accennano, a così dire, le varie conseguenze logiche dei principii propugnati dalle diverse scuole dei fisici e dei naturalisti.

Così, ad esempio, nei primi articoli di questo libro, scritti nel 1851, si parla delle teorie geologiche con vedute diverse di quel che è fatto più avanti in alcuni scritti del 1857 e 1859. Egli è che tuttodi codeste teorie vanno dibattendosi fra due scuole assai discrepanti. L'una mette soprattutto in rilievo quanta influenza possano aver esercitato, in una serie di tempi estremamente remoti, quegli stessi ordini di fatti che oggi vediamo operanti a rimutare la superficie, senza che la loro intensità d'azione fosse maggiore che attualmente. L'altra scuola invece suppone che i vari fenomeni plutonici fossero in passato ben più operosi che oggi non steno, trovandosi anco le parti superficiali del globo in quella condizione di elevata temperatura nella quale riteniamo essere tuttodi le sue parti interne. Quand'erano tra noi quasi

universalmente accettate le dottrine di quest' ultima scuola, io, insistendo su le vedute del Lyell e del Prevost, avvertivo che non s' avesse ad esagerare troppo facilmente il valore di tali dottrine, e raccomandavo maggior riservatezza nelle deduzioni, basate su dati ancor troppo scarsi e limitati: la qual massima mi compiacchio di veder oggi praticata da distinti e sagaci geologi. Però la precipua difficoltà che allora io riconoscevo alla piena accettazione di siffatte dottrine parvemi d' indole logica, quella cioè menzionata a pag. 36 e 37, che lo stato di espansione nebulare, supposto come iniziale da Laplace, non poteva accogliersi che qual una delle fasi della vita cosmica d' ogni nebula e d' ogni astro, onde alternativamente dovrebbero subire una fase di condensazione ed altra di espansione, e che però il calore doveva tenersi quale una semplice proprietà della materia e non già quale un ente speciale da esso distinto.

Ora è chiaro che quest' obbiezione alludeva a quel principio della conservazione delle forze nella natura, che solo in questi ultimi anni venne posto in chiaro, siccome uno dei principii fondamentali della filosofia naturale, non che alla dottrina, oggi seguita, circa la natura puramente dinamica del calore. E perciò, fu in seguito alla piena convinzione acquistata di questo principio e di questa dottrina, che io m' accostai con più di confidenza alla cosmogonia di Laplace, qual' è largamente svolta nello scritto su alcuni intenti delle scienze naturali a pag. 211 e seguenti.

In quest' ultimo lavoro feci parola altresì su la quistione, pur oggi dibattuta, circa la eterogenesi dei corpi organiz-

zati di più semplice forma, accennando com'io pensi che essa trovi già logicamente tali argomenti a suo favore, che la dimostrano, se non vera, certo almeno probabile. E sebbene vegga che gli scienziati più in fama la combattano tuttodì, non penso di dovermene ricredere, e ritengo che in questa, come in altre quistioni, sia un puro malinteso che faccia parere irreconciliabili le due contrarie dottrine, onde gli avversari disputino appunto con maggiore animosità ed ostinazione perchè poco manca che riconoscano essere, nel fondo, tra loro d'accordo.

Però, ad appigliarmi piuttosto all'uno che all'altro partito, così in questa, come nella preaccennata quistione, lo confesso, io fui tratto solo da un principio di ragione astratta o filosofica, poichè quì una diretta dimostrazione non parmi possibile.

Ammettendo, quale una necessità logica, la inseparabilità del moto dalla materia, ossia la coesistenza delle forze fisico-chimiche nella materia dei corpi, e quindi la eternità dell' Universo, m'è forza ammettere insieme che la vita perenne in esso si mantenga, mercè una periodica rimutazione nello stato delle singole sue parti, serbandosi però inalterata, ad ogni istante, la somma delle forze vive, interne ed esterne, nella totalità dei corpi. Da qui la necessità di alternative fasi di condensazione e di espansione, ossia d' alternative fasi di riscaldamento e di raffreddamento, e quasi direi di vita e di morte, nelle varie parti dell' Universo. La variabilità nell' aspetto di quegli immensi sistemi di materia cosmica o stellare, che diciamo nebulæ, confermata pur jeri dalle os-

servazioni del Padre Secchi, porge un forte appoggio a questa credenza.

Ebbene se il nostro globo, come tutto il nostro sistema solare, uscito da tempo dalla fase d'espansione, procede nella fase di condensazione, non può credersi che i germi degli esseri organizzati, e propriamente di tutte quante le specie di vegetali e d'animali abbiano preesistito alla formazione dell'attuale stato della superficie terrestre, e manco poi che abbiano esistito quando la massa di questa era tutta vaporosa per altissimo calore. E se così è, l'eterogenesi è una necessità logica. Ed anco nelle successive vicende geologiche, per cui la flora e la fauna si rimutarono in modo quasi continuo sulla terra, parmi assurdo l'ammettere, che di tratto in tratto venissero creati e gittati sulla faccia del globo i germi delle diverse specie di animali e di piante, a quel modo che l'ortolano sparge su le aiuole del suo terreno ora i semi delle carote ed ora quelli della lattuga. Cosiffatte creazioni, discontinue e parziali, mi sono sempre parse assai ridicole.

Io non so ammettere la creazione che quale un evoluzione, progressiva e spontanea, della natura, cioè quale un risultato delle incessanti e reciproche azioni e reazioni delle singole cose esistenti: poichè queste, nella loro totalità, costituiscono lo sconfinato sistema di corpi che diciamo Universo. Avrò torto: ma tale è la mia fede. Ed io penso di potere e dover fare questa professione di fede, senza nè timore, nè vergogna.

È tempo che la filosofia acquisti una piena indipendenza

da ogni particolare sistema di teologia! Tale era già il voto di quello stupendo ingegno del Galileo, che è veramente il padre della filosofia naturale. Epperò ad illustrare la memoria di quel grande, vedrai consacrata non piccola parte di questo volumetto. La nostra gioventù troverà sempre feconda d'insegnamenti la lettura delle sue opere, dove la scienza naturale, la filosofia e la letteratura sono insieme mirabilmente rappresentate e consociate.

In un Appendice riproduco alcuni scritti di minore importanza, ma pure di qualche interesse ancora, sia riguardo alle dottrine fisiche e geologiche, sia per riguardo alla vitale questione del metodo, qual'è toccata nell'ultimo scritto, in cui si confutano alcune strane pretese della filosofia egheliana.

Pavia 1 Marzo 1865.

GIO. CANTONI.



INDICE

Al Lettore	pag. m
Dell'intimo nesso fra la scienza e la morale. 1850	1
Assunto della moderna filosofia. 1851	10
I terremoti 1851. I.	17
idem II.	22
Le teorie geologiche 1851. I.	32
idem II.	39
Le teorie mesmeriche 1850. I.	50
idem II.	61
Prelezione ad un corso di fisica. 1851	72
La chimica organica 1853. I.	79
idem II.	88
Sull'origine delle montagne e dei vulcani. 1851. I.	103
idem II.	111
idem III.	123
La vita e le opere di Galileo Galilei. 1854. I.	136
idem II.	144
idem III.	158
idem IV.	171
idem V.	182
Di alcuni principj della filosofia naturale. 1857. I.	199
idem II.	204
Di alcuni intenti delle scienze naturali. 1859. I.	211
idem II.	228
idem III.	244

APPENDICE

<u>Della Filosofia naturale. 1850</u>	<u>pag. 261</u>
<u>Accademia di Filosofia Italiana. 1850</u>	<u>» 273</u>
<u>Su la interna fluidità della Terra. 1851. I.</u>	<u>» 275</u>
idem II.	» 282
<u>Su la teoria meccanica del calore. 1861</u>	<u>» 291</u>
<u>Risposta al Prof. Vera, sul metodo nelle scienze</u>	
<u>fisiche. 1861</u>	<u>» 300</u>

—*—

DELL' INTIMO NESSO

FRA LA SCIENZA E LA MORALE (*)

Il rapido progredire degli studii sperimentali, e il nuovo campo da essi aperto alle indagini speculative, hanno ormai fatto chiaro a tutti il valore così economico che morale delle scienze fisiche e matematiche, le quali, perscrutando nel più intimo quel complicato viluppo di fenomeni e di cose che diciamo Universo, mirano a svelare le immutabili colleganze delle forze che lo atteggiano in modi tanto svariati ed ognor mutabili.

E per verità le scienze naturali oggidì non sono chiamate soltanto a promuovere coi tecnici sussidii la prosperità materiale dell' umana famiglia; ma sono chiamate inoltre a gettare le basi d' una vera sapienza civile e religiosa, la quale farà manifesta la scarsezza e gli errori delle dottrine economiche e politiche, e dei fantastici sistemi di morale, che per lungo tempo governarono il mondo. Essendochè dalle scienze fisiche e matematiche sorgerà tra

(*) Dal *Crepuscolo* Anno I. N. 9. (Marzo 1850).

breve, noi ne abbiám fermo convincimento, una robusta filosofia, la quale, abbattendo il più tristo e il più pertinace dei dispotismi, il dispotismo dell'ignoranza presuntuosa, segnerà le vie della carità efficace e della fede illuminata.

Già molte pompose dottrine degli avi nostri sulla genesi o sulla costituzione del mondo svanirono, come sogni di mente fiacca, dinanzi ai severi asserti dell'astronomia e della geognosia dei moderni. Così cadde sfasciata quella brillante volta celeste, che s'ideava ruotante d'intorno alla terra, come una grande sfera cava, su cui stessero infitte tutte quante le stelle osservabili. Così fu inappellabilmente giudicato vano il sistema della creazione istantanea dello universo, computata da poche migliaia d'anni, e subordinata tutta all'esistenza del nostro pianeta, anzi alla vita della specie umana. E così fu pur rovinata la rozza teoria della terra che a quel sistema si puntellava, e che la poneva creata di repente, sotto l'attual forma e struttura di monti, di terre e di mari, e popolata subitamente da tutta la svariata serie di specie vegetali e animali che ora possiede.

Imperocchè quella confusa immagine di un mondo, architettato entro sì angusti confini, sorretto e mosso per continui miracoli, e preordinato ad un fine meschinissimo, anzi ad un totale annichilamento, dovette ritrarsi, quasi eclissata, da un più sublime e più razionale delineamento dell'universo. Ed ecco affacciarsi tosto al nostro pensiero e la sterminata estensione degli spazii celesti, maggiore di ogni supponibile grandezza, e il decorso indefinito del tempo, eccedente ogni assegnabile computo di secoli. Ed ecco svelate d'un tratto la maestà, la bellezza e l'armonia dei mondi innumerevoli e dello infinito universo, già sapientemente compendiate dall'antichissima scuola italica sotto il vocabolo *Cosmos*, e già, quasi divinando, abbozzata negli scritti del più acuto de' nostri filosofi, il Bruno.

Allora, contemplando il cielo, fu ravvisata la connessione di tutte le stelle, discernibili dal nostro occhio, in un solo gruppo, designato da quell'ampia nebulosa che diciamo via lattea. E questa apparve costituita da forse più d'un milione di stelle, tutte paragonabili al nostro sole; tutte collocate ad immense scambievoli distanze, quanta forse ne corre tra il sole e le stelle più vicine, cioè di almanco duecento mila volte la distanza, pur già grandissima, in che tiensi la terra dal sole; tutte infine moventisi con incredibile celerità le une d'intorno alle altre, e accompagnate forse da un proprio corteggio di pianeti, di satelliti e di comete. E di poi fu riconosciuta l'esistenza di moltissimi gruppi consimili di stelle, segnati da quelle nebulose che i nostri telescopii risolvono in tanti punti luminosi; e ancora più in là l'esistenza d'altri gruppi, designati dalle nebulose non riducibili, la cui distanza dal nostro pianeta si calcola qualche milione di volte maggiore di quella sovradetta per le più vicine stelle.

E ben si noti che per questa sterminata distanza viene insieme provata la remotissima esistenza di quei gruppi, se la luce che parte da essi deve impiegare parecchi milioni d'anni per giungere infino a noi.

Quindi anche appar probabile l'esistenza d'altri gruppi più discosti di stelle, la cui luce resiste ora alla forza de' nostri telescopii; giacchè nuove nebulose s'andarono scoprendo ogni qual volta si venne perfezionando un tale stromento. E finalmente si ravvisa la connessione di tutti questi innumerevoli gruppi stellari, i quali forse, sebbene ad immense distanze tra loro, s'aggirano, e con moto celerissimo, gli uni d'intorno agli altri, per modo da formare un solo sistema nella universale circolazione delle stelle d'ogni gruppo e degli astri minori dipendenti da ognuno di esse. Ed infrattanto, nel decorso di smisurati periodi di secoli, avvenir deve una mutazione incessante

nello stato fisico d'ogni gruppo e d'ogni astro, che è quanto dire una continua variazione delle loro orbite e della loro densità e struttura, per cui riescono pur sempre mutabili gli scambievoli loro influssi di luce e di calore.

Ed ecco, per tutto ciò, rovesciati irreparabilmente quei limiti che la cortezza delle umane vedute voleva un di imporre allo spazio ed al tempo, per sè stessi veramente infiniti: ed ecco pure svelato il meccanismo mirabilissimo dell'armonia e della vita dell'universo.

D'altra parte, contemplando la terra, se ne scoperse la graduale formazione, in opera de' continui mutamenti nelle condizioni fisico-chimiche delle materie che la compongono. Quindi i tanti sommovimenti nella sua superficie, provati dalla sovrapposizione e dai dislogamenti delle terre e delle rocce stratificate, dalla consecutiva emersione delle catene di monti, e dalle tante variazioni nella sede delle acque. E con ciò fu svelata la successiva evoluzione delle tante specie di vegetali e di animali, che di mano in mano la popolarono, incominciando dagli organismi più semplici delle erbe crittogame e degli animalletti infusorii, e progredendo fino al più complesso organismo delle piante dicotiledonee e dei mammiferi.

Però, la comparsa dell'uomo non poté essere che posteriore d'assai all'ultimo sommovimento della terra, quando questa, cioè, aveva già da molti secoli assunto press' a poco quell'aspetto e quella sistemazione di terreni e di fiumi che adesso ci presenta. E l'intervallo corso da quell'ultimo cataclisma infino ad oggi fu calcolato non minore di quaranta mila anni: periodo brevissimo, se si confronti all'età della terra, sulla quale si contano avvenuti, ad intervalli assai più lunghi, non meno di venti cataclismi generali, senza far menzione dei minori. Quindi è che lo svolgimento dei primi e più semplici esseri vi-

venti, calcolando le variazioni avvenute nella temperatura propria della terra, risale a parecchi milioni d'anni addietro; epperò la formazione primitiva delle materie componenti il pianeta va riposta in un'epoca di gran lunga più lontana, la quale si perde nella incalcolabile vetustà dei tempi.

Così fu compresa la perenne mutazione di ogni parte della terra, mercè le influenze e le reazioni continue e reciproche fra le interne e le esterne sue parti, e mercè la incessante suddivisione e circolazione delle varie materie che la costituiscono. E così fu inteso che la terra, come ogni astro dell'universo, è dotata d'una vita propria e perfettibile in sé medesima. Ed ecco spogliata la materia da quel marchio d'abbiezione che le fu impresso da certe false dottrine dell'Oriente, e rivestita all'incontro della dignità di sostanza, e trasformata ed elevata al grado di principio sufficiente della esistenza delle cose e del loro ordine immutabile. Ed ecco provato manifestamente che il principio del male e della corruzione, imputato dapprima alla materia, sta invece nella superba ignoranza di quegli uomini, i quali chiudono volontariamente gli occhi alla luce del vero, e respingono dal loro intelletto ogni affettuosa insinuazione della natura.

Da siffatta dottrina, tutta speculativa a primo aspetto, scaturisce una teoria d'ordine pratico e morale, fondata sopra una delle verità accennate, qual'è la recente comparsa dell'uomo sulla terra, a fronte della incalcolabile durata dei periodi che contrassegnano la storia del nostro pianeta. Se l'uomo è appena nato ieri, rispetto alla lunga età della terra, non v'ha dubbio che la perfettibilità dell'umana famiglia, considerata come una specie di esseri, organizzata in necessaria armonia col mezzo entro cui si svolge, ed atta a modificarlo secondo le proprie facoltà, ha la più salda riprova dalla scienza. Quindi la fede nei continui mi-

gliamenti del civile consorzio trionfa invincibilmente su quella dottrina ipocrita ed egoistica che predica i vizii originali della schiatta umana, la fatalità ineluttabile del male nella società, e l'angoscioso sgomento di una vita futura, perpetuando così, coi pregiudizii e coll'ignoranza, il regno dell'ingiustizia nel mondo. Il dogma della perfettibilità umana c'insegna, che ogni sociale prosperità non risulta se non dall'azione volontaria e perseverante degli uomini; ond'è che ciascuna generazione deve sacrificare intelligentemente i proprii appetiti al vantaggio morale delle generazioni future.

E come il progresso dell'umanità non si compie che per gli sforzi consociati degli uomini a raggiungere la verità e la giustizia; così anche il progresso delle nazioni si compie solo per l'opera costante da esse impiegata ad attuare quell'ideale di prosperità civile ed economica, che si crea nelle più elevate intelligenze. Epperò codesta dottrina, mentre distrugge quella gretta filosofia materialista, la quale accetta il progresso dell'umanità come un fatto necessario e superiore alla volontà ed all'opera degli uomini, condanna in pari tempo quell'altra teoria, o fatalista o troppo spiritualista, la quale fa della terra un luogo d'espiazione, e proclama l'inutilità d'ogni nostro sforzo per il meglio, come che altrove soltanto si dovessero compiere i nostri destini. Entrambe queste teorie tendono a rallentare e sospendere l'adempimento del bene che può ottenersi nella vita, e rendono l'uomo neghittoso e passivo, in mezzo alle miserie ed ai mali che lo tormentano. Ed è tempo di sottrarre gli uomini a questa infingarda rassegnazione, a questa aspettazione d'una provvidenza lontana, per ispirar loro un sentimento più alto e più efficace dei proprii doveri. Certo che non è dato di toccare la felicità sulla terra; certo che la nostra fantasia avrà sempre nuovi beni da desiderare, come la carità nuovi patimenti da al-

leviare, e la ragione nuove verità da conoscere. Ma la dottrina dell'umana perfettibilità ci avverte appunto di questo campo indefinito di desiderii, di cure e di indagini, che si schiude dinanzi a noi, e senza del quale cesserebbe nell'uomo la vita istintiva, affettiva ed intellettuale. Che se osserviamo soltanto la continua variazione degli elementi della vita umana, così nell'ordine naturale come nell'ordine sociale, siamo costretti a dire, che la terra d'oggi non è più la terra abitata dai nostri avi, nè sarà quella che abiteranno i nostri pronipoti.

Ed ecco ancora colpita di falsità quella dottrina, che vorrebbe la terra creata d'un tratto, con quell'ordine che ha di presente, per servire di momentaneo esiglio all'uomo; ecco apparire in tutta la sua stoltezza ed iniquità quella teoria che condanna il popolo ad una servile rassegnazione alle sue miserie, e che predica l'abborrimento delle scienze e dell'istruzione, dichiarando vane le umane opere, e invincibili i mali di questa vita. La scienza, dimostrando la perfettibilità degli esseri naturali, e massime dell'umana specie, c'impone l'educazione e l'operosità continua, e rompe quella fatale catena, che da secoli tiene avvinto il popolo alla servitù dell'ignoranza.

Ma la dottrina dell'umana perfettibilità ci avverte pure della solidaria connessione delle azioni degli individui e delle vicende dei popoli. In quello stesso modo che le varie fasi della vita embrionale nelle singole specie di animali, le diverse metamorfosi nella vita consecutiva di alcune specie, e le deviazioni mostruose nelle forme e negli organi di alcuni individui di esse ci additarono, ad un tempo, e la classificazione di tutti gli animali in varii ordini di specie, secondo la graduale perfezione delle loro funzioni organiche, e l'unità delle leggi di composizione e di sviluppo organico in quei varii ordini: a quello stesso modo lo studio comparativo delle lingue, dei costumi,

delle tradizioni, delle leggi e delle scienze nei varii popoli ci addita, non solo l'esistenza di diverse razze umane, secondo i diversi climi e le diverse vicende economiche e civili della loro storia, ma altresì la loro unità organica e morale in una sola specie. Che se, vedendo adesso vivere insieme sulla terra tanti ordini diversi di specie animali, svoltisi già gli uni dopo gli altri, ne induciamo che, oltre le serie degli animali già inoltrate nel loro sviluppo organico, altre ve n' ha appena sul principio della loro progressiva evoluzione, e che quindi la vera legge della perfeffibilità organica nella vita animale non risulta, se non dal complessivo raffronto delle varie fasi di evoluzione delle serie esistenti od esistite; per la stessa ragione, scorgendo il diverso grado di civiltà nelle diverse nazioni d'oggidi, mentre già tutte corsero nel passato differenti stadii d'incivilimento, impareremo a considerare i popoli come sezioni dell'umana specie, che incominciarono, a diverse epoche e sotto diverse circostanze, la loro evoluzione civile, e quindi s'adoperarono variamente a sviluppare le facoltà, per così dire, latenti nell'umana specie, onde manifestarle poi nella loro pienezza. Però la legge del sociale progresso dell'umanità non iscaturirà, se non da un generale confronto delle varie evoluzioni della morale, della politica e della scienza in tutte le nazioni.

E un'altra connessione ci appare tra le scienze morali e le fisiche. Noi vediamo, adesso come nel passato, lo sviluppo delle serie di specie meno perfette contribuire a rallentare o deviare lo sviluppo delle più elevate, e questo all'incontro aiutar quello. Ora la stessa legge ci mostra i popoli meno civili ritardare il progresso dei popoli colti, e questi invece sospinger gli altri sulla via della civiltà. La qual legge non è solo dei popoli, ma ben anco degli individui. Perchè, anche in questi, lo sviluppo delle facoltà è successivo, e il trasmodare delle facoltà inferiori può

turbare l'attività delle superiori, come il soverchio esercizio di queste può occultare l'operosità delle prime. La perfettibilità individuale, come la umana, si compie solo nel vivace ed armonico sviluppo di tutte le facoltà.

Però, dal complesso di queste considerazioni, si fa manifesta la solidaria connessione delle azioni degli uomini e delle vicende dei popoli. Ed è da questa elevata contemplazione che ci si rivela in tutti i suoi elementi quella legge di progresso che governa il mondo, e che la storia ci può spiegare l'intricato viluppo dei fatti, senza ricorrere agli arcani influssi, od agli interventi di forze e di volontà sovranaturali. Egli è dai trovati delle scienze fisiche che deve sorgere un'intero sistema di dottrine, razionali insieme e sperimentali, il quale abatterà compiutamente le fantastiche degli antichi dottori di cosmologia, di genesi, di morale e di storia.



ASSUNTO

DELLA MODERNA FILOSOFIA (*)

Sarebbe a' di nostri assai lodevole ufficio della letteratura il porsi interprete e divulgatrice delle scientifiche dottrine, traducendole sotto forme così semplici e pur eleganti, da procacciar loro quell'interesse e quel pregio, che il popolo suol concedere alle più frivole e fantastiche produzioni letterarie. Poichè di tal modo le moltitudini non istruite, liberandosi da que' pregiudizii, che tornano d'inciampo al loro sviluppo mentale ed alla loro morale coltura, verrebbero per gradi educando a guardare, così ai fatti naturali che agli eventi umani, colla vista d'indagarne le circostanze determinanti, e quindi scoprire i mezzi per volgerle possibilmente al meglio. Pertanto chiunque ami dedicarsi efficacemente all'educazione degli intelletti popolari, deve pur possedere una soda e larga istruzione scientifica, onde non travisi il processo logico delle dimostrazioni, e non porga loro nozioni inesatte o malcerte, cui difficilmente saprebbero rettificare. Nè vogliamo disconoscere la somma difficoltà d'un tale proposito; im-

(*) Dal *Crepuscolo* Anno II. N. 14 (Aprile 1851).

perocchè, se è malagevol cosa il rivestire di forme facili e popolari le verità morali, tanto più arduo ciò riescirà per riguardo alle cognizioni scientifiche, e massime per quelle che sono ancor lontane da una compiuta dimostrazione, per iscarchezza dei dati sperimentali, su cui riposano le loro induzioni. Ed in vero per siffatti ordini di cognizioni vuolsi anzi tutto distinguere quanto è rigorosamente provato, da ciò che s'ammette in via provvisoria e congetturale, aspettandone la sanzione da ulteriori studii. Parlando al popolo, bisogna abituarlo al rigore dei raziocinii e delle induzioni, onde impari ad apprezzare il metodo dimostrativo, usato dalle scienze naturali, per confronto alle meschine ed infeconde vie seguite dal principio dell'autorità tradizionale.

Ma, perchè la letteratura s'accinga a sì onorata impresa, è necessario che la filosofia le presti opera efficace, adunando e depurando gli sparsi e multiformi materiali dell'umano sapere. E qui converrebbe che questa, lasciate le nebbiose ed infeconde speculazioni sul concetto dell'ente possibile e del primo vero, si riducesse al suo giusto proposito, quello che già le assegnavano Pitagora e Platone, di riannodare possibilmente in un corpo di dottrina le risultanze di tutti gli studii sul mondo e sull'uomo.

E invero due precipui obbietti stavano innanzi alla filosofia: la natura e la società. Rispetto al primo essa ambiva formulare la genesi e l'ordine de' più generali fenomeni dell'universo; e per l'altro riguardo essa intendeva analizzare le facoltà intellettive e le propensioni affettive dell'uomo, onde tracciare il metodo dell'indagine e dimostrazione scientifica, ed additare un congruo assestamento delle condizioni di famiglia e di sociale convivenza per opera delle civili e politiche istituzioni. Se non che, ne' più antichi sistemi filosofici dei popoli orientali e delle prime scuole d'Italia e di Grecia, que' due sommi propositi venivano compene-

trati in uno, mal sapendosi discernere, in quei primi tentativi di scienza, le influenze molteplici della natura sull'uomo, e le aberrazioni del giudizio umano, provocate da sfrenata fantasia e da sensi inesperti. Ma, svoltasi poi più robusta la facoltà d'astrazione, e fattosi più pacato e più accorto il giudizio, l'umana mente pose meglio esplicita la distinzione fra quelle due parti del sapere, separando la logica e l'ontologia, ossia lo studio della ragione e della esistenza guardate come pure obbietti del pensiero, dalla cosmologia che discorre del mondo, cioè del nesso generale e dello sviluppo parziale degli esseri sensibili. E appresso, mirando l'intelletto a scernere ognor più l'astratto dal concreto, distinse nella cosmologia la parte dottrinale dalla parte descrittiva de'singoli fenomeni. La prima, che fu detta fisica, si occupa della materia e delle sue proprietà generali, considerate come appoggio e regola dell'attività cosmica, indipendentemente dalle proprietà peculiari delle cose esistenti: laddove la pura descrizione delle forme e de' caratteri, per cui si differenziano tra loro i singoli corpi, fu assegnata a quella scienza che s'intitola storia della natura.

Ed ecco come la filosofia sia venuta per gradi staccandosi dalle scienze fisiche e naturali. Donde si scorge che non un essenziale discrepanza di questi studii, ma piuttosto la indefinita estensione dello scibile e l'insufficienza della mente umana a tutto abbracciarlo, obbligò a disgiungere gli uni studii dagli altri, all'uopo di meglio coltivare e comprendere ciascuno in particolare. E per certo una tal divisione fu utilissima ad agevolare e divulgare lo studio delle cose naturali; imperocchè moltissimi di poi s'adoperarono coll'osservazione e coll'esperienza ad ampliare mirabilmente il campo delle indagini fisiche. Ma allora fu pur sospettata da alcuni una essenziale indipendenza fra le scienze speculative e le empiriche, e fu di

conseguenza provocata una compiuta scissione tra quegli studii.

Però in questi ultimi due secoli, mentre da una parte s'adunava un'immensa congerie di fatti, e si ordinavano in gruppi, giusta le maggiori loro analogie, per farne tanti speciali rami di scienza, d'altra parte viddesi la scienza generale della natura minacciare ruina. Imperciocchè, restando que' varii gruppi di fatti tanto sconnessi e discosti tra loro, da non potervi la mente intravedere quelle intime relazioni causali, che pur tra essi naturalmente decorrono, rendevasi oltremodo difficile per la filosofia naturale raggiungere il proprio intento, qual'è di scoprire tali leggi d'azione delle forze cosmiche, per cui le sia dato derivare, a modo di corollarii, una serie di proposizioni, che riesca corrispondente alla successione ed al legame dei fatti naturali, dai più generali del mondo astronomico ai più particolari del mondo organico e molecolare.

Ma un altro grave danno trasse seco questa scissura: la filosofia si provò a svolgere da sola le quistioni cosmologiche che la fisica ripudiava. E quindi le generalità molto astratte, cui s'appigliò, non valendo a dedurre dalla sintesi dell'universo, guardato nell'immensità dello spazio e del tempo, quelle speciali vicende che l'osservazione rivela essersi verificate in alcune parti di esso, furono causa che i fisici, disistimandole al tutto, si confermassero nella loro opinione sull'inefficacia e vanità d'ogni speculazione filosofica. Pertanto, affinchè i filosofi ed i fisici possano ora rivenire sull'ardito tentativo della cosmologia degli antichi, sarebbe necessario rinnovellare la pristina alleanza fra le scienze naturali e le filosofiche, smettendo i filosofi quel loro oscuro e mistico fraseggiare, e sollevandosi i fisici allo studio dell'ordine e della connessione d'ogni parte dell'Universo.

Non è dunque fuor di ragione, se in oggi gli studii di filosofia teoretica vengono ben poco apprezzati dalla gioventù, che, desiderosa di proficue cognizioni, si volge di preferenza alle scienze naturali. Poichè mentre ammiriamo il rapido ed ampio sviluppo raggiunto in quest'ultimi secoli dalle scienze fisiche, e la dignitosa concordia ne' principii e ne' metodi, cui s'attengono innumerosi loro cultori, non possiamo non avvederci, sì degli esizii incrementi ottenuti in pari tempo nelle dottrine metafisiche, e sì delle cardinali e spesso indecorose controversie che s'agitano nel pur sottile stuolo degli scrittori di filosofia, i quali ancor non seppero ritrarla dai labirinti e dalle astruserie della scolastica. E v'ha poi in costoro una biasimevole pertinacia di voler svolgere la loro scienza con quegli stessi incerti metodi, cui s'appigliarono i più antichi filosofi, i quali, attesa la scarsezza delle nozioni positive allora possiedute sulle cose sensibili, ebbero a concepire le leggi della natura più per intuizione avventurosa che per rigore di argomentazione. Nel che codesti sterili rifacitori delle antiche dottrine accennano d'ignorare che già Pitagora e Platone e Aristotile tenevano qual necessaria preparazione alle speculazioni metafisiche gli studii di geometria, d'astronomia, di meccanica, ed ancor quelli sulle proprietà dei corpi bruti e viventi, e sui costumi e governi de' varii popoli, essendochè dichiaravano la filosofia come scienza riassuntiva ed illustrativa delle speciali cognizioni sulla natura e sulla società.

Ora, a nostro avviso, l'unico postulato da cui deve muovere la filosofia in quel suo lavoro sintetico, corrisponde ad un asserto del senso comune; ed è questo: ogui fatto aver deve una propria cagione. E un tal principio, per cui, d'un tratto, si esclude il caso e l'arbitrio dalla formazione e dallo sviluppo dell'universo, è un evidente corollario delle scienze fisiche e naturali, le quali respin-

gono qualsiasi forza o causa che non entri nel dominio della speranza o della ragione umana. Dal qual principio si ricava, per immediata illazione, che tutti i fatti della natura cosmica e della vita organica sono tra loro intimamente collegati, ossia riconoscono alcune leggi generali ed immutabili. E si avverta che qui per legge s'intende unicamente quel rapporto di quantità, o di forza meccanica, sussistente tra un fatto che precede e determina invariabilmente l'avvenimento d'un altro fatto, il quale è chiamato effetto del primo. E d'altra parte l'intelletto umano, in ogni ordine di indagini scientifiche, deve necessariamente seguire alcune vie ed alcune norme, sole efficaci ad allargarne il campo, le quali analogamente chiameremo leggi della ragione. Donde sorge il pensiero, che la natura e la ragione debbano correre vie parallele, l'una nella produzione effettiva dei fatti cosmici ed organici, e l'altra nella scoperta delle leggi dei fatti medesimi: nel qual senso può dirsi che il mondo è governato dalla ragione.

Dietro l'accennato principio si svolge perciò tutta la logica delle scienze fisiche, quale dalla filosofia dovrebbe poi compendiare, per trasfonderla nella letteratura, e da questa nel popolo. Ed a ciò appunto alludevamo sin da principio, designando l'ufficio educativo della moderna letteratura, ed il necessario vincolo della filosofia colle scienze fisiche.

.
Or noi teniamo per fermo che fin quando la filosofia sarà insegnata come in passato alla gioventù, questa avrà fondate ragioni per giudicarla una inutile palestra di vuote astrazioni. Convien che essa, togliendosi dagli aridi campi della psicologia e della ideologia, ponga invece a base la *filosofia naturale*, desunta dalle dottrine matematiche, fisiche e fisiologiche, e specialmente dalla storia de' loro progressi, facendovi poi seguire la *filosofia civile*, cavata per una

parte dalla geografia fisica e dalla storia fisiologica della razza umana, e d'altra parte dalla storia delle istituzioni economiche e politiche de' varii popoli, soprattutto ne' tempi moderni. « Allora soltanto la filosofia, come disse un illustre nostro scrittore, sarà il nesso comune di tutte le scienze, l'espressione più generale di tutte le varietà, la lente che, adunando li sparsi raggi, illumina ad un tempo l'uomo e l'Universo. »

I TERREMOTI (*)

I.

L'uomo, abituato a giudicare l'ordine naturale delle cose dappresso l'angusto cerchio de' fatti che stanno nella propria quotidiana esperienza, suol considerare la superficie solida della terra tanto stabile ed immota, ch'ei s'affida a posare sovr' essa, come su base saldissima, non solo gli edificj destinati a tutelare la propria esistenza, ma pur anco que' grandiosi monumenti che con infinite cure e dispendj egli costruisce, per tramandare ai posteri un inconcusso testimonio della propria civiltà. E nondimeno gli tornerebbe agevole il persuadersi del contrario, tosto che ponesse mente alle mutazioni che del continuo subisce codesta superficie, in causa delle azioni di disgregamento, di trasporto e di scomposizione, esercitate senza posa, su ogni sorta di terreni e di rocce, dall'aria atmosferica, e più ancora dalle acque scorrenti e filtranti. S'aggiungano le diurne variazioni nello stato termico ed elettrico sì dell'atmosfera che del suolo, le quali pur devono provocare continui rimutamenti nella costituzione molecolare degli svariati corpi che formano la superficie del globo terracqueo. Se non che tali mutazioni, compendosi d'ordinario per minimi gradi e attraverso lunga serie d'anni, sfuggono alla comune osservazione degli uomini, i quali

(*) Dal *Crepuscolo* An. II. N. 7. e 8. (16 e 23 Feb. 1854).

per converso di leggieri avvertono i più appariscenti e più repentini turbamenti, che quasi ad ogni ora si verificano di mezzo all'atmosfera e su la superficie dei mari. Di qui la volgare opinione che rifiuta ogni mobilità alla superficie de' continenti, per riserbare il nome di instabile elemento alla superficie delle acque. Ma appena che ci facessimo a smuovere quel suolo, su cui sorgono gli splendidi nostri abitati, onde riscontrarne la struttura, potremmo in un subito convincerci, aver esso provate assai rilevanti e ripetute perturbazioni. Imperocchè strati di terra, di sabbia e di ghiaja vi si succedono alterni con differenti banchi di ceppo, di molera, di marmo e di tant'altre pietre, e per entro questi si annidano numerose e chiare impronte di erbe e di piante, di conchiglie e di pesci, di rettili e di quadrupedi, che vissero un tempo sul nostro pianeta, allorchè le materie, or rassodate in quelle rocce, giacevano divise a fior di suolo, lungo il letto dei fiumi, o sul fondo de' mari.

Nè siffatta instantabilità della corteccia del globo fu soltanto avvertita a' giorni nostri. Già i libri sacerdotali degli antichi popoli d'Oriente ponevano la terra formata per opera delle acque e del calore, che con alterne e lunghissime vicende la rimutarono. Ed anco i primi filosofi d'Italia e di Grecia rammemoravano le ripetute trasformazioni della superficie terrestre. Così Ovidio, in molti passi delle *Metamorfosi*, facendosi espositore delle dottrine pitagoriche, accenna al continuo spostamento d'ogni parte della terra: ora i continenti s'allargano e si eleva il fondo de' mari per l'accumularsi de' ruderi trasciati dalle acque; ora i mari dilagano sulla terraferma per lo sprofondarsi di questa; ora le maremme si disseccano e le terre asciutte s'impaludano; ora le pianure sono incavate dalle acque correnti ed ora i terremoti innalzano colline di mezzo ai piani, mutano il corso de' fiumi, fan sorgere nuove fonti

ed altre inaridiscono, aprono nel suolo bocche eruttanti fiamme e pietre liquefatte, e rovinano crateri vulcanici già formati. Ma ancor più chiare testimonianze de' sconvolgimenti terrestri si rinvengono negli scritti di Strabone, di Seneca e di Plinio. Però, come avverte Aristotile nel secondo de' Meteorologiei, tanto lente sono le rimutazioni del globo rispetto alla durata della nostra vita, che quasi insensibile ci riesce l'incessante loro progredire. E per certo, se la terra, al pari dell'umanità, ha una propria vita, dovrà pur avere una propria storia. Ma i periodi della vita terrestre si dovranno computare con una misura proporzionata alla vetustà ed alla grandezza del globo; le sue ore saranno migliaia di secoli.

E come vediamo che l'esperienza de' civili infortuni d'un popolo o d'una generazione ben poco giova ad accrescere il senno politico d'altro popolo o d'altra generazione, perchè ognuno, stimandosi da più degli altri, ama correr le sorti, nella fidanza di più felice riuscita: del pari vediamo che la memoria delle passate catastrofi presto si perde per far luogo ad una avventata, ma pur comoda presunzione, che la terra, superata l'ultima crisi, abbia alla perfine raggiunta l'epoca della propria stabilità. E così sempre, dietro l'oblio delle trascorse sventure, sorge in noi la fiducia d'un propizio avvenire. Ed ecco perchè i terremoti, facendoci d'improvviso ricredere da quel vagheggiato pensiero, suscitano in noi, più che ogni altro fenomeno naturale, un indefinito senso di terrore: ed ecco perchè istintivamente rifuggiamo dal raccogliere e tramandare esatte notizie di tali fatti, e poco ci curiamo di venire al chiaro su le loro cagioni, quasi temendo convincerci non poter esse mai avere tregua.

Accade per tanto che il fenomeno dei terremoti, benchè noto da tempi antichissimi, non venne, neppure ai giorni nostri, studiato ne' suoi particolari con sufficiente

diligenza, da poterne cavare sicure induzioni sulle condizioni necessarie alla genesi del fenomeno medesimo. Eppure già nelle quistioni naturali di Seneca ritroviamo abbastanza chiaramente definiti i varii generi di smovimenti che si verificano nei terremoti, distinguendoli egli coi nomi di *sucussio, inclinatio et tremor*: « *sucussio cum terra quatitur et sursum et deorsum movetur; inclinatio quā in latera nutat, navigii more; tremor autem qui nec sucussio nec inclinatio, sed vibratio.* » Ora queste diverse sorta di smovimenti, menzionati più esattamente dai moderni quali moti sucussorio, ondulatorio e vorticoso, potrebbero pur accennare ad alcune essenziali diversità di condizioni.

Ma non essendosi mai tenuto preciso registro su la direzione e velocità di propagazione delle scosse, e su la estensione della superficie agitata in ogni caso di terremoto, ne viene che, non potendo inferirne quale influenza abbiano la struttura e la composizione degli strati superficiali del globo nel modificare tale propagazione, non possiamo nemmeno rilevare se, in fatto, que' diversi smovimenti del suolo provengano da differenti cagioni. Al qual intento converrebbe che, dovunque havvi un osservatorio astronomico o meteorologico, vi fossero opportuni ed uniformi apparecchi per denotare in ognuno di quei punti della superficie terrestre, non solo il preciso istante delle scosse, ma ben anco la loro direzione ed intensità relativa. E qualora tali osservazioni fossero seguite per lunga serie d'anni, potrebbero innanzi tutto darci preziose nozioni sulla struttura delle parti più profonde della crosta terrestre, della quale finora non conosciamo che una parte piccolissima, rispetto alla grandezza del raggio terrestre; e potrebbero altresì guidarci a formulare con qualche fondamento una teoria geologica sulle cause dei terremoti e delle varie rivoluzioni del globo. Imperocchè sarebbe necessario che la geologia teorica assumesse, come proprio fondamento,

questo canone logico: che non si debba far ricorso ad ipotesi sulla natura ed intensità delle forze che agirono ne' trascorsi vetustissimi tempi, rimutando e sommovendo la superficie terrestre fintanto che non venga provato essere gli attuali agenti insufficienti a svolgere, attraverso il decorso indefinito del tempo, la formazione e le vicende delle varie rocce e de' varii terreni che costituiscono la corteccia del nostro pianeta. E per vero, da una parte la incompiutezza delle nostre cognizioni sui fenomeni meteorici e geologici dei tempi attuali ci induce facilmente a fantasticare essere stata diversa la natura delle forze e delle condizioni, che determinarono la formazione e le vicende dei più antichi strati della terra: e d'altra parte il non poter noi convenientemente computare l'influenza del tempo ci induce ad esagerare la intensità delle forze medesime; dovechè certe azioni, quantunque minime, potrebbero aver promossi grandiosi risultamenti, persistendo assai lungamente, oppur ripetendosi gran numero di volte.

E di tal natura è appunto il fenomeno de' terremoti, perciocchè, se noi guardiamo alla quantità degli spostamenti del suolo prodotti in ogni singolo caso dai terremoti, e mettiamo a confronto que' loro effetti colla immensa estensione della superficie terrestre e coll'insieme degli smuovimenti in essa avvenuti ne' trascorsi tempi, dovremo concludere che l'effetto di questo ordine di fenomeni è così piccolo, per riguardo a quei grandi fatti, da potersi trascurare. Che se invece faremo riflesso al grandissimo numero di volte che un tal fenomeno debb' essersi ripetuto nelle varie regioni della terra, durante le interminate epoche della storia del globo, ne dedurremo che i terremoti s'hanno a riguardare come uno de' più poderosi agenti, di cui valgonsi le forze proprie della interna massa terrestre per manifestare la loro incessante attività, rimutandone ad ogni tratto la esteriore corteccia. Ed in vero, limitandoci



a considerare i terremoti accaduti solo in questi due ultimi secoli, de' quali i dotti ci porgono più sicure notizie, troviamo che tanto rilevante è il numero e la grandezza dei loro effetti, che ben può dirsi non esservi anno in cui i terremoti non abbiano recate notevoli rovine in qualche parte della terra coll'approfondarvi, squarciarvi o rialzarvi il suolo in modi svariatiissimi. E si avverta che quasi non v'ha punto de' continenti che sia lasciato illeso dai terremoti, quantunque siano assai più frequenti nelle regioni finitime ai diversi monti vulcanici. Così, ad esempio, la città di Milano, benchè molta discosta dai crateri d'Italia meridionale, ebbe a subire, non solo nel corrente secolo, ma ancor ne' secoli trascorsi, buon numero di scosse violente, cosicchè dieci se ne contano soltanto nel secolo XIII. Infatti, per tacere di quelle scosse che son pur molte, le quali non arrecarono alla nostra città notevoli danni (*), ricorderemo i terremoti accadutivi negli anni 890, 1006, 1117, 1120, 1222, 1276, 1287, 1474, 1565, i quali tutti vi produssero assai terribili ruine: e soprattutto le scosse del 1120 e 1474 fecero crollare dalle fondamenta più di mille case.

Or ci rimane d'esaminare se i terremoti abbiano qualche intimo legame con altri fenomeni meteorici o geologici, all'uopo di giudicare il valore delle varie congetture, messe in campo dagli scienziati intorno alle cause dei terremoti.

II.

Molti e svariati fenomeni da taluni si ricordano, quali segni precursori de' più terribili scuotimenti della superficie terrestre; buon numero de' quali s'incontrano forieri

(*) Nel libro di Marepilo Boniti, intitolato *La terra tremante*, edito in Napoli nel 1660, troviamo menzionati ventidue terremoti occorsi in Milano dal IX al XVI secolo.

anco dei temporali e degli uragani. Gli animali irrequieti o paurosi fuor dell'usato; l'atmosfera agitata da repentine ed impetuose bufere, od oscurata da insolite nebbie; le nubi addensantisi d'improvviso e traboccanti in larghi scrosci di pioggia; un cupo e lungo fragore uscente di sotto il suolo, quale rimbombo di lontana artiglieria; copiosi getti d'arie infiammabili erompenti dalle fenditure delle rocce; le acque sorgive intorbidate o gorgoglianti come per bollimento; le acque de' mari ritraentisi furiosamente dalle spiagge, oppur sollevantisi in ismisurate onde, che si riversano ben entro terra; e tant'altri ancor più inuditi fenomeni trovansi notati nelle memorie che i cronisti ed i dotti ci lasciarono intorno ai terremoti. Ma nondimeno niuno di tali fenomeni si mostra costante e necessaria concomitanza dei tremiti della terra; dandosi pur de' casi in cui tutti que' sintomi fecero difetto: Lisbona nel 1755, Oppido di Calabria nel 1785, Orciano di Toscana nel 1846 ruinarono per subitaneo scrollo, senza che alcun segno prenunziasse que' terribili disastri. Epperò tali fenomeni, anzichè circostanze predisponenti de' terremoti, vogliansi riguardare come dipendenze di questi; e quindi le loro cagioni devonsi non tanto cercare in alcune peculiari condizioni dell'atmosfera, quanto nell'interna costituzione della crosta terrestre.

Forse qui converrebbe far distinzione tra i terremoti che agitano una grande estensione della superficie del globo, e quelli che appajono circoscritti in limitate regioni: perciocchè ne' primi il punto centrale delle forze sommovitrici dev'essere molto profondo sotto il suolo, laddove negli altri un tal centro d'azione, accennando d'essere più superficiale, potrebbe pur trovarsi in rapporto con alcune condizioni meteoriche. E invero fu da taluno avvertito che siffatti terremoti poco estesi susseguono le molte volte a lunghe e straordinarie piogge, massime in istagione jemale, oppure ad insoliti turbamenti elettrici dell'atmosfera. Ma

come già abbiamo notato, possedendo noi finora solo dei dati assai scarsi e poco precisi circa le leggi di propagazione delle vibrazioni nella corteccia terrestre, non ci è dato portare un sicuro giudizio su questa sospettata relazione dell'esterna atmosfera coll'interna massa del pianeta; dappoichè non abbiamo nemmeno gettate le basi di quel nuovo ramo di scienza, la dinamica de' terremoti, che sola potrà svelarci, se questi fenomeni abbiano speciali linee d'azione sulla superficie del globo, e se la loro energia subisca col tempo qualche regolare variazione (*).

Ma ben più rilevanti sono i fatti geologici che accompagnano i terremoti. Monti innalzati di mezzo alle pianure; isole surte dal mare; vasti tratti di suolo sprofondati, dislocati o sollevati; rocce più compatte squarciate da larghe e profonde fenditure; colline e monti franati nelle valli a rimutarvi il corso de' fiumi, or formando nuovi laghi ed or aprendo uno scolo ad altri preesistenti; spiagge divenute fondo di mare, od elevatesi fuor dalle acque; eruzioni straordinarie d'alcuni vulcani, od improvvisa cessazione di altri già attivi; nuovi con vulcanici rialzati, ed altri inabissati o troncati. Imperciocchè tutti questi fatti sembrano più strettamente collegati o dipendenti dalle vibrazioni suscitate nel suolo da qualche forza operante nell'interno della terra, e quindi ci guidano più direttamente all'indagine delle loro cause. E per certo ognuno s'avvede come questi fenomeni abbiano una singolare analogia con quelli che, in tempi da noi remotissimi concor-

(*) Per più esatte nozioni sui processi e sugli stromenti meglio acconci a notare l'istante delle scosse ne' varii luoghi, ed a segnalar la direzione e l'intensità relativa delle due forze componenti, la verticale e l'orizzontale, in cui può supporre risolta la forza interna determinante i moti sueussorio ed oscillatorio, rimandiamo nostri lettori alla pregievole memoria dell'inglese Mallet, inserita nell'*Annuaire météorologique de la France pour 1850*.

sero alla formazione dei colli, dei monti, delle valli e dei grandi bacini delle acque stagnanti: perocchè sì gli uni che gli altri si possono riguardare quali effetti di alcune interne forze della terra, che tendono a mantenere scabra ed irregolare la superficie del globo, in opposizione alla forza di gravità ed all'azione delle acque correnti, che, per converso, tendono a ridurla liscia e sferica.

Ma qui si rivela la insufficienza delle nostre cognizioni su la struttura e la composizione interna della massa terrestre, e si svelano gli scarsi fondamenti delle ipotesi proposte dai geologi per ispiegare le vicende della terra. Fintanto che le leggi delle azioni fisico-chimiche de' minerali non saranno chiaramente stabilite, non è prudente avventurarsi in congetture su la natura delle forze che promossero i vari fatti della crosta terrestre, e massime poi è illogica l'asserzione che talune di queste forze fossero al tutto estrinseche alla materia del globo, ed avessero ne' trascorsi tempi un'energia immensamente maggiore dell'attuale. Siffatte supposizioni devono assolutamente abbandonarsi da chiunque voglia introdurre, anche in questa parte delle scienze naturali, quello spirito filosofico e que' metodi veramente positivi, che, a' tempi nostri, vennero efficacemente importati in altri rami dello scibile. E come già la conoscenza del cielo stava ravvolta da dense tenebre, finchè, ponendosi nella terra il centro dell'universo, per farle ruotare all'ingiro tutti quanti i corpi celesti, era necessario restringer questi entro brevi confini, onde non attribuir loro moti eccessivamente rapidi: del pari la conoscenza della terra rimase inceppata, finchè, presupponendo molto breve il periodo di secoli trascorso dalla sua creazione, dovevasi attribuire una indicibile energia alle forze che ne sommossero la superficie, onde dar ragione de' rilevanti rimutamenti che si riconoscono in essa avvenuti.

Importanto possiam credere, che siccome l'astrono-

mia, da che non pose limiti allo spazio, fece assai rapidi progressi, e scoprì che ogni corpo celeste ha un proprio centro di movimento, ed influisce colla propria massa a determinare od a turbare il moto degli altri: così anco la geologia, quando non porrà limiti al tempo, progredirà più sicura, e forse troverà che la terra ha in sè tali elementi di forza, incessantemente operosi, e valevoli a spiegare le vicende della propria superficie, mercè quel complesso di influenze e di circostanze, che tuttodi vi si osservano.

Ora diremo brevemente quali siano i dati fondamentali, su cui riposa la teoria della terra oggidì tanto accarezzata dai geologi, poichè se ne giovano a spiegare, non solo la formazione delle catene montuose nelle epoche trascorse, ma ancora i fenomeni che ci presentano nell'epoca attuale i terremoti ed i vulcani. E prima accenniamo, le principali nozioni di fatto che la scienza possiede in riguardo alla costituzione interna della terra. Tali sono: la densità media della massa terrestre, almeno cinque volte maggiore di quella dell'acqua; la forma ellissoidica del globo, e le temperature crescenti degli strati profondi del suolo. — Dal primo fatto si può dedurre che le parti più interne della terra devono avere una densità assai maggiore di quella delle rocce che noi vediamo alla superficie, e solo paragonabile alla densità dei comuni metalli; e ciò onde compensare al decremento d'intensità nella gravità, che deve verificarsi procedendo dalla superficie verso il centro della terra, ed alla minor densità delle varie parti superficiali del globo, la cui media densità, compresavi la massa dei mari, può valutarsi appena il doppio della densità dell'acqua. — La figura ellissoidica della terra accenna che tutte le parti costituenti la sua superficie, sino ad una certa profondità, devono esser state disgregate fra loro e scorrevoli, in modo da obbedire all'azione della forza centrifuga, la quale nasce dallo stesso moto rotatorio della terra sul pro-

prio asse, ed essendo massima nelle regioni equatoriali e minima nelle polari, ed operando in senso antagonistico alla gravità, sollecita le parti mobili della superficie ad affluire dai poli verso l'equatore. — L'ultimo fatto summenzionato consiste in ciò: mentre gli strati più superficiali del suolo mostrano temperature variabili secondo il corso annuo delle stagioni, e quindi direttamente prodotte dall'azione calorifica de' raggi solari, si giunge poi ad uno strato in cui la temperatura riesce corrispondente all'incirca alla media temperatura annua del luogo sovraincombenente, e si mantiene invariata, non solo durante l'intero anno, ma ancora per lunga serie d'anni; cosicchè può dirsi aver quivi confine l'azione del calor solare. Al di là di un tale strato a temperatura invariabile, approfondandosi ulteriormente, si rilevano temperature sempre crescenti, nel rapporto approssimato di 1.° C. ogni 28 metri di profondità.

Ed ecco, come, dietro questi dati, i geologi moderni abbiano avventurata la loro congettura sul calore centrale della terra. Supposero dapprima che l'anzidetto aumento delle temperature colla profondità, continuasse col medesimo rapporto sino al centro del globo: per modo che alla profondità di men che due miglia vi sarebbe la temperatura dell'acqua bollente, ed alla profondità di 24 miglia il calore sarebbe tale da liquefare quasi tutti i metalli e le pietre che vediamo allo stato solido sulla superficie: e poichè il globo ha un raggio di oltre 5500 miglia, ne verrebbe che solo uno strato superficiale, corrispondente ad 1/150 dell'intero raggio, sarebbe allo stato solido, mentre l'interna massima parte troverebbesi allo stato liquido. Ed inoltre supposero che un tale enorme calore delle parti interne della terra, si estendesse un tempo sino alla superficie, ossia che l'intera massa del globo fosse in istato di fusione ignea: nel qual caso tutte le parti della terra, es-

sendo sciolte e libere di obbedire alla forza centrifuga, doveva il globo assumere la forma ellissoidica; forma che doveva poi conservare ancor quando, pel successivo raffreddamento attraverso gli spazi celesti freddissimi, le sue parti superficiali si sarebbero consolidate.

Ora chiunque può avvedersi quanta parte d'ipotetico racchiuda questa teoria. E soprattutto, poichè la maggiore profondità, cui l'uomo sia giunto cogli scavi, non arrivando ad un mezzo miglio, cioè ad 17000 del raggio terrestre, dove la temperatura si è trovata tutt'al più di 20° C. superiore a quella dello strato invariabile, non si può, a meno di uscire dal metodo positivo, ammettere che la legge, desunta dall'osservazione di quella piccolissima parte del globo, abbia valore pel tutto. Si avverta poi, che secondo le località, quel rapporto fra l'aumento di temperatura e di profondità si verifica entro limiti molto variabili, cioè di 1.° C. dai 20 sino ai 60 metri: ciò che indica aver molta influenza sul calore proprio delle rocce profonde la peculiare loro natura e composizione. E quando codesti geologi credono confortare tal supposizione coi fatti delle sorgenti termali e delle bocche ignivome de' vulcani, si può obbiettare, che anzi questi fatti dan luogo a sospettare che le varie azioni chimico-elettriche, le quali devono verificarsi negli interni strati della terra, massime allorchè questi per la loro porosità si lasciano permeare dall'acqua, potrebbero pur esser causa di quel calore, che appunto riuscirebbe inegualmente distribuito secondo le circostanze locali. Riguardo poi alla forma ellissoidica della terra, essa non implica necessariamente una generale e simultanea fluidità dell'intera massa terrestre, ma soltanto una parziale e successiva disgregazione delle sue parti superficiali, in modo che ciascuna di queste abbia potuto cedere all'azione della forza centrifuga: come infatti risulterebbe dall'osservazione che tutti gli strati

della corteccia terrestre si mostrano costituiti da materie già state disgregate e trasportate successivamente dall'azione continua delle acque, le quali pur eminentemente subiscono l'azione simultanea della gravità e della centrifuga. Pertanto l'accennata forma della terra provverebbe che le sue parti interne vennero col lungo andar de' secoli, le une dopo le altre, portate alla superficie, sospintevi da quelle medesime forze che operano tuttodi ne' terremoti e ne' vulcani.

Ben è vero che per quei naturalisti, i quali suppongono la materia affatto passiva, epperò i corpi minerali spogli d'ogni intrinseco principio di moto, divien necessaria illazione che l'attuale calore delle parti interne del nostro pianeta debba riguardarsi come un semplice residuo d'un suo stato anteriore, e provocato da condizioni o da forze ad esso estrinseche. Ma qualora in vece si ponesse, come noi crediamo, che la materia tenga in sè e da sè inseparabile il principio del moto, in virtù del quale anche i solidi minerali provano un intestino e continuo moto molecolare, potrebbesi considerare il calore riscontrato nell'interno della terra come una prova e manifestazione d'una sua intrinseca proprietà. E potrebbesi pur agevolmente dar ragione della indeficienza de' molecolari rimtamenti nelle parti della massa terrestre, mediante una perenne circolazione delle parti medesime dall'interno all'esterno, e reciprocamente, manteuuta dall'incessante sollevarsi e sprofondarsi de' varii terreni e delle varie rocce, in forza del calore e dell'elettricità sviluppati dalle chimiche azioni de' loro componenti, ovunque abbiano contatto coll'aria o coll'acqua. E infatti anche le rocce di trabocco, le vulcaniche, le cristalline stratiformi e quelle che credevausi primitive, si mostrano, giusta le osservazioni dell'Ehrenberg e del Braconnot, ripiene di fossili minutissimi, e di materie azotate, provenienti da esseri organizzati, che debbono aver vissuto durante la formazione delle rocce me-

desime, allorchè queste giacevano alla superficie del suolo o sul fondo degli antichi mari. In tal guisa ogni parte della massa minerale del globo, essendo periodicamente tradotta alla sua superficie, viene a trovarvisi nelle medesime condizioni delle roccie elevate o montuose degli attuali continenti, le quali col trascorrere dei secoli vengono disgregate dall'aria umida e dalle piogge, trascinate nelle valli dalle acque torrentizie, e poscia dalla corrente dei fiumi trasportate sino al mare, ed ivi depositate in istrati assecondanti quella superficie ellissoidica, la quale riesce in equilibrio rispetto all'azione complessiva delle due forze, centripeta e centrifuga, operose sulla massa cedevole delle acque. S'aggiunga che dalla diversa elevatezza e forma dei continenti, e soprattutto dal diverso rapporto fra la superficie emersa e quella ricoperta dalle acque, in ognuna delle successive epoche geologiche, si avrebbe la ragione delle variazioni avvenute, durante quelle epoche, nella temperatura delle diverse regioni del globo: poichè ognuno sa quanta influenza abbiano, anco al presente, le anzidette condizioni a far sì che due regioni, benchè poste ad egual latitudine, assai diversamente risentano e conservino l'azione calorifica de' raggi solari.

Per ultimo vogliamo notare che chiunque intende spiegare lo stato attuale della superficie del nostro pianeta e la sua conformazione, mercè un estrinseco calore che un dì infuocava ogni sua parte, dovrà poi, per la perpetuazione della vita avvenire del pianeta, ricorrere a nuovi e ripetuti trasfondimenti di quell'estrinseca forza, onde riparare, benchè a remotissimi periodi di tempo, alle continue perdite di calore che esso va facendo per irradiazione negli sterminati spazi intrastellari. E ciò, a nostro giudizio, rivela in quella teoria un vizio logico fondamentale: poichè tanto il fisico quanto il filosofo mai non devono far ricorso agli interventi soprannaturali per dar ra-

gione del principio o del fine de' fatti naturali; nè mai devono ammetter possibile una perdita nella quantità di moto della materia, e manco poi la sussistenza distinta della materia e delle forze in qualsivoglia tempo, nè in qualsivoglia punto dell'universo. Insomma vorremmo che le teorie geologiche rispettassero quel canone di naturale filosofia, che segna il necessario vincolo tra il passato, il presente ed il futuro, mediante le continue relazioni di causa ad effetto; vincolo mirabilmente espresso dal Leibnizio col detto che: il presente è frutto del passato, e racchiude in germe l'avvenire.



LE TEORIE GEOLOGICHE (*)

I.

Nei precedenti articoli, accennando all'ipotesi della primitiva fluidità ignea del globo terrestre, mediante la quale alcuni moderni geologi intendono spiegare i vari sommovimenti toccati alla corteccia della terra, abbiamo pur menzionati alcuni de' fatti che si pongono a base di una tal teoria, notando in pari tempo la loro insufficienza a farne piena prova. Ma poichè a rinfiancare la malcerta loro congettura, mettono in campo i geologi parecchie altre argomentazioni, che indirettamente sembrano convalidarla, gioverà prenderle in esame, per giudicarne il valore.

E primamente costoro fanno ricorso alle ipotesi di Herschell e di Laplace circa la formazione degli astri. Opinava l'inglese astronomo che ogni stella fosse originata dalla successiva concentrazione della materia cosmica, che ci appare diffusa negli spazii celesti sotto forma di nebulose irreducibili da telescopi; e citava come esempio di stelle in atto di formazione le nebulose globulari

(*) Dal *Crepuscolo* An. II. N. 11 e 12 (16 e 25 Marzo 1831).

col centro splendente. Parimenti quell'insigne matematico francese supponeva tutti i pianeti e satelliti, che fanno corteggio al sole, essersi formati, gradatamente dai più discosti ai più prossimi, per la continua condensazione di una immensa atmosfera del sole, che in tempi assai remoti si fosse estesa sin oltre l'orbita del più lontano pianeta: atmosfera costituita da diversi gas e da vapori metallici, ed animata da un generale moto di rotazione da occidente verso oriente, come fa pur oggi il sole ruotando sul proprio asse. E di tal modo, irradiando continuamente il loro calore per gli spazii celesti, oltremodo freddi, quelle materie gasose sarebbero venute raccogliendosi intorno a diversi nuclei, e quindi, staccandosi dalla restante atmosfera, sarebbero decomposti quell'unico loro moto di rotazione in due equivalenti, l'uno di rivoluzione attorno al sole, l'altro di rotazione da occidente verso oriente sopra un loro asse, come al presente vediamo nei pianeti. Ed altrettanto sarebbe poi avvenuto per rispetto alla successiva condensazione delle parziali atmosfere, che questi nuclei avrebbero rapite per attrazione alla contigua atmosfera solare, risultandone i varii satelliti, circolanti loro d'attorno, e ruotanti essi pure da occidente verso oriente.

Per certo queste due ipotesi segnarono per la scienza un notevole progresso, perciocchè le schiusero dinanzi un campo vastissimo ed inesplorato, e fecero chiaramente emergere la tendenza caratteristica della moderna filosofia, la quale, mentre va ricostruendo l'umano sapere sulle basi della sperienza, del calcolo e del raziocinio, si proclama affatto indipendente da ogni opinione religiosa, fondata unicamente su la fede. Il principio della libera indagine razionale ed il principio della cieca riverenza alla tradizione si svincolarono da quei mutui lacci, con che dianzi si tenevano infrenati, e corsero francamente distinte

vie. Mentre l'uno pone ad ogni passo il sovranaturale, facendo intervenire alla produzione d'ogni fatto l'azione immediata, e quasi direbbesi capricciosa, della volontà divina, l'altro disvela le cagioni efficienti de' varii fenomeni naturali, additando quegli altri fatti, pur naturali, che precedettero e determinarono que' primi. Epperò dove l'un principio suppone essere in natura ciascuna cosa slegata da ogni altra, e per l'uomo inesplicabile, l'altro vi scorge un'intima connessione fra le cose tutte, e scopre quelle leggi generali ed immutate, che con un ordine veramente razionale mantengono il moto e la vita nelle singole parti dell'Universo. Così l'ipotesi di Herschell, sulla di cui tomba fu meritamente scritto: « coelorum perrupit claustra », designa un probabile legame fra gl'innumerevoli soli costituenti i diversi ammassi stellari per noi osservabili, ed accenna un probabile processo di formazione per ognun d'essi, in virtù del quale tutti gli svariati corpi celesti, al pari de' terrestri, andrebbero soggetti a continue interne mutazioni. Ed è pur grandissimo il pregio filosofico dell'ipotesi di Laplace, mentre suggerisce tal causa naturale che assai probabilmente può aver determinata la formazione dell'intero sistema planetare; giacchè, con una mirabile semplicità, ne dà ragione di tutti i particolari. E in vero quest'ipotesi spiega i diversi movimenti de' pianeti e de' satelliti colla sola forza d'attrazione e coll'unico moto di rotazione della materia primitiva; escludendo la necessità di ricorrere ad una misteriosa forza d'impulsione, che abbia separatamente sospinto ciascun pianeta e ciascun satellite a muoversi rettilineamente lungi dal sole, in direzioni ben poco tra loro inclinate, ed a rotare intorno ad un loro asse, tutti egualmente da occidente verso oriente. Singolare accordo, che non può ascrivarsi al caso, com'è agevole dimostrare col calcolo delle probabilità. Oltre di che la medesima ipotesi gioverebbe

à farci trovare i motivi della differente densità e della diversa misura di schiacciamento ai poli in ognuno dei pianeti, per cui quelli più discosti dal sole si mostrano costituiti d'una materia più rarefatta: imperocchè in riguardo alle leggi di gravitazione doveva essere decrescente la densità della materia costituente i singoli strati di quella vastissima atmosfera primitiva, procedendo dal centro verso la periferia, e, per converso, doveva essere crescente la loro velocità di rotazione, epperò anche la forza centrifuga delle loro zone equatoriali. E infine, poichè i pianeti più lontani dal sole sono i più voluminosi, andranno assai più lentamente raffreddandosi, in confronto de' pianeti minori, e quindi, indipendentemente dalla notevole diminuzione nell'intensità calorifica de' raggi solari che ad essi arrivano, potranno tuttavia serbare un tal calore primitivo, da mantenere alla loro superficie alcuni corpi allo stato di fluidità liquida e gasosa.

Ma per quanto noi ammiriamo l'alto concetto sintetico che ispirava siffatte ipotesi, non dobbiamo però dimenticare le giuste riserve di che le accompagnavano que' due preclari filosofi, proponendole alle discussioni dei dotti. Conciossiachè essi avevano ognor presente quel canone logico che ci vieta d'accettare come base scientifica qualsiasi congettura, finchè non sia rigorosamente verificata in tutte le particolari illazioni dalla medesima desumibili; altrimenti le scienze escirebbero da que' metodi positivi, cui debbono i precipui loro incrementi e la grandissima dignità in che sono tenute a' tempi nostri. E perciò vogliamo ricordare che le recenti osservazioni del Rosse, come già altrove accennammo, rendono assai dubbia l'esistenza della materia cosmica, supposta dall'Herschell, e quindi la genesi da lui assegnata agli astri. Ed anco il modo di formazione del sistema planetare, immaginato dal Laplace, benchè ci appaja molto probabile, non venne

finora provato che soddisfaccia appuntino a tutte le particolari condizioni dei moti d'ogni pianeta; al che si richiederebbero più estese cognizioni di fatto che or non si possiedono, e calcoli oltremodo complicati. D'altronde entrambe codeste ipotesi peccano filosoficamente in ciò, che presuppongono un certo stato primitivo de' corpi celesti, di cui non è possibile assegnare la ragione in qualche fatto anteriore; epperò partono ancor esse da un miracolo. Oltrecchè, dovendo continuamente disperdersi per irradiazione la forza calorifica che dapprima sollecitava al moto espansivo la materia di ogni astro, arriverebbero alla perfine ad un completo consolidamento di ogni corpo; e quindi converrebbe aver ricorso ad un nuovo miracolo per ridare il moto e la vita a quelle masse, divenute al tutto inerti. Laddove uno de' cardinali principj della moderna filosofia c'impone di cercare le ragioni d'ogni fenomeno naturale nelle medesime proprietà della materia o nelle forze che le sono insite immutabilmente, a meno che si voglia ricadere nelle tenebre del misticismo.

Pertanto noi saremmo pronti ad accettare le anzidette ipotesi sulla formazione de' sistemi stellari e del sistema planetare, qualora s'avesse a dichiarare in qual modo lo stato di espansione gassosa della materia cosmica, ammesso in quelle ipotesi, possa di bel nuovo riprodursi per l'intervento di opportune condizioni naturali; e ciò all'uopo di soddisfare alla indeficienza e perpetuità della vita nell'universo. Poichè, ove quel complesso di condizioni e di fatti cosmici, ideato come iniziale in quelle ipotesi, si potesse invece assumere come un puro stato transitorio della vita universale, tornerebbe assai in acconcio, non solo a confermare il principio filosofico della perenne connessione di tutte le cose esistenti, ma ancora a determinare l'attuale coordinamento de' corpi celesti. E in ve-

ro, quando si concedesse essere il calore una semplice proprietà della materia, e non già un ente speciale dalla medesima distinto, si potrebbe accogliere la serie delle vicende assegnate dal Laplace al sistema planetare, come una delle fasi alternative di condensazione e di espansione, in che fondamentalmente risolverebbesi la vita cosmica, analogamente a que' grandi periodi di oscillazione che ci presentano le orbite di rivoluzione e gli assi di rotazione de' varii pianeti, sotto le scambievoli loro influenze perturbatrici, provocate dalla stessa legge di gravitazione universale.

Ma nondimeno non ci crederemmo in obbligo d'indurne che gli astri, dopo essersi formati, abbiano serbato nel loro interno la primitiva loro fluidità ignea, come suppongono i geologi. E infatti, volendo pur immaginare quell'epoca in cui il globo d'un astro o d'un pianeta fosse ancora interamente liquido pel gran calore, in allora le sue particelle superficiali, man mano che sarebbero andate raffreddandosi, diventando anco più dense, dovevano tendere a portarsi verso l'interno di quella massa fluida, per essere continuamente surrogate dalle sottostanti particelle tuttor calde, e perciò più rare e leggieri: al pari di que' moti molecolari che in oggi si compiono nelle acque de' laghi e de' mari, mentre le loro parti superficiali raffreddansi durante le notti e la stagione jemale. Ed ancor quando le particelle superficiali di quella massa fluida fossero giunte a tal punto di raffreddamento da solidificarsi, diventando esse maggiormente dense — come accade in pressochè tutti i corpi, ad eccezione dell'acqua, allorchè passano dallo stato liquido al solido — dovevano tuttavia sprofondarvisi, dando luogo alle inferiori meno pesanti, perchè più calde ed ancor liquide. Di tal guisa, siccome avvertiva il Poisson, dato anche il processo genesiaco suggerito da Laplace, i pianeti, e quindi

il globo terrestre, dovevano raffreddarsi e solidificarsi dapprima nelle parti interne che nelle superficiali. E si noti che, secondo quest'ipotesi, l'atmosfera cingente il globo liquido doveva in allora essere assai più elevata, epperò più densa ne' suoi strati inferiori. Poichè l'intera massa delle acque, che or ricoprono tre quarte parti della superficie terrestre, doveva trovarsi in istato di vapore, attesa l'alta temperatura; oltrecchè dovevano pur trovarvisi tutti quei gas che or stanno combinati ne' corpi organizzati d'ogni genere, e ne' varii composti metallici. Quindi il raffreddamento della massa liquida, costituita principalmente da varii metalli allo stato di fusione, sarebbe avvenuto con sufficiente lentezza, da lasciar in essa effettuare i moti molecolari sovraccennati, a motivo che la maggior densità di tal involucro vaporoso doveva renderne meno rapida l'irradiazione. Nè può credersi che siffatti moti molecolari potessero venir impediti dalla crescente densità de' più interni strati del globo liquido, qual richiede gravità, giacchè i vari corpi fluidi che lo costituivano, dovevano tendere, per l'elevato loro calore, a combinarsi ed a mescolarsi tra loro, essendo grandemente favorite le forze chimico-elettriche e la forza centrifuga. E affinchè poi, nel successivo condensarsi delle varie materie diffuse nella primitiva atmosfera, avessero potuto raccogliersi al centro dapprima le più dense, indi gradatamente le meno dense, dovrebbe sussistere un rapporto costante fra le densità specifiche de' varii corpi e le temperature corrispondenti alla liquefazione d'ognuno di essi; il che in fatti non si verifica. E si noti che la densità media del globo terrestre, qual fu determinata, non è poi sì grande da render necessaria una densità progressivamente crescente sino al centro, in opposizione alla legge della forza di gravità, che è massima alla superficie del globo e nulla al centro. S'aggiunga infine che il sole, da

cui si ritengono derivati i pianeti, ci offre una costituzione precisamente opposta a quella che vorrebbe si supporre ne' primordi de' pianeti: perocchè in esso rileviamo invece solida la parte più interna, ed anche la esteriore sua altissima e molto densa atmosfera ci si mostra assai meno calda ne' suoi strati inferiori, e per converso infuocata all'incandescenza nello strato superficiale. Cosicchè, riassumendo, diremo che, quand'anco si volesse tener ferma l'ipotesi di Laplace, gioverebbe essa soltanto a dar ragione della costituzione astronomica del nostro sistema planetare, laddove non proverebbe punto la fluidità delle parti interne del globo terrestre, di che si prevalgono i geologi per ispiegare le vicende della sua corteccia solida, le cagioni delle quali devonsi piuttosto cercare nelle condizioni, tuttora sussistenti, delle parti superficiali del pianeta.

Impertanto credemmo utile diffonderci anzi tutto nell'esame del suindicato primo appoggio teorico, esibito da parecchi geologi alla favorita loro congettura della fusione ignea della terra, allo scopo di mostrare quanto debbasi andar cauti nell'accettare le ipotesi più seducenti, onde non turbare o rallentare il progresso delle scienze esatte e sperimentali, traviando le menti dietro infeconde supposizioni.

II.

Nell'intento d'ovviare a talune fra le obbiezioni mosse contro l'ipotesi cosmogonica del Laplace, proponevasi, or non ha guari, da un'altro distinto matematico francese, il Poisson, una ben diversa congettura. Supponeva egli le temperature de' differenti punti degli spazii celesti esser tra loro molto disparate; talchè in alcuni punti, dove sono più accumulate le stelle, domini un calore oltremodo intenso, mentre altrove, sendo queste assai diradate, ab-

biano temperature molto basse. Ad esempio, nell'interno dello spazio compreso da quell'immenso cumulo stratiforme di parecchi milioni di stelle, che costituiscono la via lattea, vi sarà un calore ben più vivo, che non al di fuori e lungi da essa. Ora dalle osservazioni e dai calcoli di Herschell e di Argelander risulterebbe essere il nostro sole, in un co'suoi minori seguaci, sollecitato da un proprio moto di traslazione — in dipendenza della gravitazione sua verso altri centri attrattivi — per cui attualmente esso sembra muoversi verso la costellazione di Ercole. E poichè tutte le stelle per noi direttamente visibili, compreso il nostro sole, formano parte di un tale strato stellare, l'estensione del quale supera d'assai lo spessore, è probabile che il nostro sistema planetare, rivolgendosi, in ismisurati periodi di tempo, tra assai discosti punti di quello strato, or si trovi in tal regione, ove la temperatura sia ben minore di quella che corrisponde ai punti percorsi molte migliaja di secoli or sono; cosicchè il pianeta nostro conserverebbe tuttavia, ne' più interni strati della propria corteccia, una porzione di quel calore che in allora risentiva la sua superficie. Ed ecco, secondo Poisson, la cagione del fatto, già da noi accennato, delle temperature crescenti colla profondità degli strati, ed insieme l'origine di quella fluidità ignea della superficie terrestre, cui ricorrono i geologi per ispiegare le più antiche vicende del globo.

Quest'altra ipotesi soddisfa, forse meglio di quella del Laplace, ai principii razionali della naturale filosofia, poichè ammette la indefinita sussistenza e conservazione del sistema planetare, attraverso un alternativo avvicinarsi di due opposti stadi di aumento e di diminuzione nell'intensità del calore che gli viene dalle stelle; e poichè non presuppone una causa sproporzionata ai fatti geologici che con essa voglionsi spiegare: essendo sconveniente

il ricorrere ad una generale fusione dell'intera massa terrestre, quando può bastare all'uopo il supposto della mollezza vischiosa nelle sole parti superficiali. Infatti, come avvertiva testè l'astronomo Faye, i fenomeni detti plutonici, da noi osservabili nella corteccia del globo, sono al tutto indipendenti dallo stato, in cui poteva trovarsi il suo nocciolo centrale sino dalle più remote epoche geologiche, ed hanno esclusivamente relazione con uno strato situato ad una mediocre profondità, e mantenuto tuttora in uno stato di semifluidità. Oltrecchè tutti i fenomeni puramente geologici hanno ben poca grandezza in proporzione all'intervento di tutta la massa del pianeta.

Ma d'altronde ci sembra poco probabile che le differenze fra le temperature dei diversi spazi attraversati dal sistema solare nel suo moto di traslazione siano così rilevanti, come suppone il Poisson, da giungere in alcuni siti a liquefare le rocce della superficie terrestre, mentre in altri luoghi, qual'è la ragione attualmente percorsa, avvi un freddo ben maggiore di quello necessario al gelo del mercurio. Imperocchè le stelle della via lattea, anco dove ci appajono molto addensate, si troveranno pur nondimeno assai discoste le une dalle altre, forse al pari di quanto le stelle di prima grandezza, distanno dal sole. Epperò, volendo anche immaginare d'assai moltiplicato, rispetto all'attuale, il numero delle stelle che figurerebbero di prima grandezza quando la terra, unitamente al sole, attraversasse quegli spazi più gremiti di stelle, la loro irradiazione potrà bensì aumentare sensibilmente la temperatura nelle regioni polari, ov'è quasi nulla l'influenza del sole, ma recherà ben piccole variazioni al clima delle regioni intertropicali. Soltanto entro cosiffatti limiti noi crediamo che i geologi potranno utilmente e plausibilmente ricorrere alle considerazioni astronomiche.

Ed in vero, attenendoci alle idee del Mossotti su la co-

stituzione della via lattea, possiam credere, che il sole abbia un proprio moto di rivoluzione, diretto pur esso da occidente verso oriente, intorno al centro di gravità di quell'immenso gruppo di stelle, sistemato sotto forma di una fascia anulare; e che però, nell'atto stesso che va compiendo quei grandi giri in miriadi di secoli, segua una linea serpeggiante, avvicinandosi alternativamente, ora al contorno esterno ed ora al contorno interno di quell'anello. Anzi pare che attualmente il sole, muovendosi verso l'interno confine, vi si trovi tanto vicino, che stia per ripiegare il proprio moto verso la periferia esterna, attraverso la larghezza della fascia. Pertanto la terra si troverebbe ora appunto in sul finire d'un periodo di decremento nel calore stellare, per quindi ricominciare uno d'incremento: giacchè può presumersi che la massima irradiazione calorifica s'incontri nel mezzo di quella fascia anulare. In tal modo, mentre da una parte si rileverebbe una singolare analogia fra il sistema stellare, di cui noi facciam parte, e quelle nebulose anulari a centro oscuro, che il Rosse, col suo possente telescopio, scorgeva in buon numero disseminate ne' più remoti spazii celesti; s'acquisterebbe d'altra parte un più chiaro concetto della vita cosmica, poichè intenderebbesi come ognuno di quei grandi sistemi di stelle, mantenendosi perpetuamente inalterato nel suo insieme, lasci però luogo a continui mutamenti nelle condizioni de' singoli corpi che lo costituiscono. Ma, lo ripetiamo, tali variazioni nella temperatura degli spazii celesti non saranno abbastanza grandi da promuovere la fluidità ignea alla superficie della terra: mentre per codesto effetto richiederebbesi un'aumento di calore, molto superiore a quello che essa proverebbe, supponendola trasportata a girare nell'orbita del pianeta più prossimo al sole, Mercurio, dove l'intensità calorifica dei raggi solari riuscirebbe circa sette volte maggiore.

Però la terra deve andar soggetta ad altre oscillazioni nel calore della propria superficie, in causa delle variazioni indotte ne' suoi moti di rotazione e di rivoluzione attorno al sole dalle mutabili circostanze attrattive della luna e degli altri pianeti. Infatti le secolari variazioni nell'eccentricità dell'orbita terrestre e nell'inclinazione dell'eclittica sull'equatore, renderanno continuamente mutata, tanto la somma di calore che la terra annualmente riceve dal sole, quanto la distribuzione di questo calore nel corso delle varie stagioni per rispetto alle diverse regioni della sua superficie. Ma, siccome quelle variazioni de' moti terrestri vanno oscillando entro limiti determinati e molto ristretti (dappoichè il centro della terra, nel decorso delle migliaja de' secoli, va descrivendo diverse linee spirali, ravvolte tutte intorno ad una elisse, che segna l'asse fondamentale delle loro circonvoluzioni), così le conseguenti mutazioni nella intensità e nel riparto del calore solare sulla superficie del nostro globo risulteranno tanto piccole e tanto lente, da non essere rilevabili che in lunghissimi periodi d'anni, e manco poi da riuscire adeguate alle supposizioni dei geologi. E così ancora nel sistema planetare rifulge quel principio fondamentale della dinamica celeste, per cui da pochissime leggi generali, semplici ed immutabili, deriva una indefinita e perenne varietà di effetti in ciascuna parte d'ogni sistema, e quindi la connessione e la vita del tutto.

Apparirebbe adunque da ciò sempre meglio provato, che le cagioni de' principali fatti geologici, anzichè nelle condizioni astronomiche, risieder debbano nella intrinseca costituzione del globo terrestre. Epperò è assai presumibile che un più accurato studio delle condizioni dinamiche e chimiche di quel sistema di corpi, che compongono in particolare il pianeta nostro, potran fornirci una più appropriata e permanente ragione de' fenomeni offertici

dalla sua corteccia. Poichè ancor questi devono essere dominati da una special legge di indefinita conservazione del sistema, e insieme di perenne mutazione nello stato d'ogni sua parte. E qui chiediamo licenza ai nostri lettori di esporre succintamente alcune speculazioni su questo arduo problema, non iscordandoci però di quella giudiziosa massima del Laplace: « Dar opera efficace all'incremento delle scienze solo quel filosofo, che al vigore della fantasia associa la severità de' raziocini e delle osservazioni, e che, nel mentre sentesi istigato dal desiderio d'innalzarsi alle cagioni de' fenomeni, è pur dominato dalla tema d'errare circa quelle da lui supposte. »

Ben vediamo essere nell'universo ogni cosa connessa con tutte l'altre, sicchè tutte cospirano al mantenimento dell'ordine e della vita universale, dispiegando in ciò la natura una mirabile economia di forze e di mezzi. Possiam quindi credere che sulla terra ogni sua parte, mercè la propria continua innovazione, cooperi all'organamento generale del globo, e che però le forze a tal uopo impiegate siano quelle stesse che promuovono le rimutazioni molecolari, tanto ne' corpi bruti, quanto ne' corpi organizzati. Ed in vero, mentre i vegetali, giusta i risultamenti della moderna chimica, servono agli animali ad apprestar loro, in acconcie combinazioni, gli elementi nutritivi, per converso gli animali servono a' vegetali col ridare all'aria ed alla terra gli elementi respiratori e nutritivi, da quelli primamente esauriti. Del pari è assai probabile che non soltanto l'azione consociata dell'atmosfera e delle acque sui componenti delle rocce giovi a ridurle in istato idoneo a porgere ai germi vegetali gli appropriati materiali per il loro sviluppo, ma che altresì tutti questi materiali inorganici della terra siano destinati ad entrare ed uscire, con alterna vicenda, nel torrente vitale de' corpi organizzati, che si svolgono alla superficie del globo. Epper-

ciò vogliamo ricordare quella congettura, messa innanzi dal Lamarck sul finire dello scorso secolo, che riguarda i diversi minerali, costituenti le rocce ed i terreni, come meri prodotti delle continue modificazioni subite dai residui organici de' vari esseri che vissero successivamente sulla terra, moveudo dalla indefinita vetustà dei tempi. Perocchè una tal supposizione, che dianzi appariva nulla più che un'avventata fantasticheria, si rese molto verosimile dopo le osservazioni dei paleontologi moderni, che trovarono ripieni di fossili pressochè tutti gli strati terrestri, e massime dopo le osservazioni dell'Elreuberg e del Braconnot, già da noi altrove accennate. Dimostrò il primo che buon numero delle rocce formanti la superficie della terra, e non solo quelle dei terreni di alluvione recente, ma ancor quelle dei terreni cretacei, giuresi e triasici, e persino dei paleozoici, sono in gran parte costituiti dagli scheletri od involucri, calcari e silicei di minutissimi esseri microscopici. Ed anche i diversi prodotti vulcanici, come i porfidi, le lave, le pomici, le ceneri, ecc. contengono in gran copia siffatti residui di microzoi, analoghi a quelli che oggi raccolgonsi nei depositi d'acqua dolce; cosicchè nel fondo delle voragini vulcaniche vengono periodicamente inghiottiti gli strati già elaborati dalle acque e dalla vita organica, per esservi abbrustoliti, e rejetti di nuovo alla superficie. Similmente il Braconnot, sottomettendo alla distillazione diverse rocce, come trappi, basalti, serpentini, schisti, protogino porfiroide, granito grafico, lave, filoni di quarzo, ecc. ottenne un distinto prodotto ammoniacale emperumatico, per cui concluse che anco tali rocce siensi formate nelle acque ed a temperature poco elevate, e che innanzi la loro formazione vivevano alcuni esseri organizzati, i cui prodotti si trovano ancor mescolati intimamente colle altre materie componenti quelle rocce. Anzi avvertiva egli che anco le rocce, ri-

guardate come costituenti il nocciolo delle montagne primitive, portano in sé tracce di organismi, e che perciò, in qualunque modo vogliasi spiegare la loro formazione, questa certo non avvenne ad alte temperature.

Ora i precedenti rilievi ci sembrano fecondi di molti ed importanti corollari in riguardo alle teorie geologiche. E per primo noteremo che la connessione fra la natura organica e la minerale ci è mostrata sussistente, non solo rispetto ai corpi fluidi che involgono il globo, quali sono l'atmosfera e le acque, ma ancora rispetto alle parti solide della massa terrestre; giacchè pur queste vengono, fra periodi lunghissimi di tempo, sospinte alla superficie, onde servire di base e di scheletro alla vita organica. Ma a mantenere di continuo una siffatta circolazione di parti dall'esterno all'interno al globo, e reciprocamente, è necessario che in ogni epoca si verifichi un determinato equilibrio fra le parti alternativamente sprofondate e sollevate dal perenne conflitto delle varie forze fisico-chimiche che agitano, senza mai posa, ognuna delle particelle materiali componenti questo pianeta. E di certo, onde abbia luogo la indefinita conservazione del moto nella materia di tutto l'universo, dovrà ogni molecola della massa di un qualunque astro avere con questa alcuni rapporti ognor mutabili, ma pur sempre compresi entro certi limiti, determinati dalle speciali condizioni di quel sistema; in egual modo che ogni singolo astro tiene alcune relazioni variabili, ma pur definite, col sistema stellare cui esso appartiene. Infatti in ogni astro d'un sistema stellare si devono supporre concorrenti tutte le forze sollecitanti ogni altro astro del sistema, per modo che la loro risultante vi trovi un momentaneo equilibrio colla resistenza opposta dalle forze proprie della sua massa; mentre nell'istante successivo, in causa del muoversi di ognuno di quegli astri, deve variare la direzione e l'in-

tensità d'una tal risultante, e quindi in corrispondenza dovrà variare la reazione spiegata dalle forze molecolari di quell'astro. Laonde può similmente ritenersi che in ogni punto materiale del globo terrestre s'incontri la risultante delle forze sollecitanti tutti gli altri suoi punti, la quale, solo per un istante, viene controbilanciata dalle forze intrinseche o molecolari di quel medesimo punto materiale; giacchè, tosto dopo, quell'equilibrio deve modificarsi, corrispondentemente al mutarsi continuo dello stato fisico-chimico di ciascun corpo e di ciascuna particella, costituente la massa del pianeta. Le quali cose devono apparire evidenti a chiunque sia un tal poco abituato alle considerazioni della meccanica astratta, ed abbia pur presente questo principio di fisica molecolare: che tutti i corpi minerali, anco i più compatti, in virtù delle medesime loro forze costitutive, sono incessantemente agitati da intestini movimenti molecolari, gli effetti dei quali, soltanto col lungo tempo, si rendono manifesti anche ai nostri sensi per i rimutamenti di struttura e di composizione in essi avvenuti.

In secondo luogo dalle surriferite osservazioni si può dedurre che quelle varie rocce a struttura cristallina o granulare, d'ordinario situate inferiormente alle rocce stratificate, furono impropriamente chiamate primitive dai partigiani della fluidità ignea primordiale del globo, quasi avessero formata la prima crosta solida, e la base di tutti i terreni di sedimento. Infatti, se anco tali rocce racchiudono tracce di corpi organizzati, converrà dire che esse abbiano assunta quella struttura cristallina, posteriormente alla loro formazione, la quale debb'essersi compiuta nello stesso modo delle rocce di sedimento. Quindi siffatte rocce, assai più ragionevolmente, si ponno raccogliere sotto la classe delle rocce metamorfiche, ove già si pongono i calcari cristallini, i gneis e gli schisti, attribuen-

done la formazione supponendole poi all'agente nettunico, e modificate dal calore svolto dalle reazioni chimiche che si effettuano nelle profonde voragini dei vulcani. E si noti che la presenza di varii minerali cristallizzati, sparsi per entro tali rocce, non ci obbliga a ritenerle prodotte da intenso calore, poichè, ove i più poderosi fornelli de' chimici non valsero a riprodurre quelle forme e combinazioni minerali, vi giunse invece, come provarono il Becquerel ed il Grove, l'azione lungamente continuata di correnti elettriche, anco debolissime, quali sussistono ne' filoni o nelle fenditure delle rocce, siccome mostrò il Fox. E rammentandosi poi il principio suenunciato intorno al moto molecolare de' solidi, si potrà agevolmente farsi un concetto del metamorfismo delle rocce, senza ricorrere a forze oltremodo vigorose, ed a condizioni affatto congetturali. È manco può ammettersi che tali rocce, supposte primitive, siansi formate tutte in una medesima epoca, ricoprendo l'intera superficie della terra: imperocchè la maggior parte di esse, compresi i graniti, si trovarono in molte località sovrastanti a rocce evidentemente stratificate e di deposito, entro le quali esse vennero spandendosi, con un processo analogo a quello con cui vediamo injettarsi le lave vulcaniche entro i terreni d'alluvione. Epperò sembra che siffatte rocce abbiano avuto origine in epoche diverse, e sotto diverse circostanze; giacchè i medesimi graniti veggonsi far passaggio, or graduato ed or repentino, dove agli schisti e dove ai gneis stratificati, che pur hanno con quelli una singolare analogia di composizione.

Dalle medesime succitate osservazioni si può altresì inferire che, nelle epoche in cui si formarono quelle varie rocce paleozoiche e primitive, la temperatura della superficie del globo non fosse molto diversa dall'attuale, onde dar luogo all'esistenza di quelle varie specie di

microzooi, affatto simili a quelle che vivono oggidì nelle acque dei mari, o nelle acque dolci e palustr: la quale illazione rovina d'un tratto la teoria de' geologi, che suppone assai elevata la temperatura all'epoca paleozoica. Anzi, secondo i risultati degli indefessi studii paleontologici del D'Orbigny, anche la composizione dei mezzi fluidi, aria ed acqua, sino dalle più antiche epoche geologiche, era al tutto analoga all'attuale. Laddove, giusta l'ipotesi della fusione ignea del globo, sarebbe stata molto differente la composizione, tanto dell'atmosfera che dei mari, attesa la maggior copia e varietà di materie che dovevano mantenersi allo stato di vapore o di gas, oppure star disciolte nelle acque, in proporzione alle altissime temperature, supposte allora dominanti nelle parti superficiali della terra.

Per tutto ciò noi crediamo di poter concludere con qualche fondamento, che la teoria geologica delle cause attuali, propugnata validamente in Inghilterra dal Lyell, ed in Francia dal Prevost, appunto perchè si astiene dalle ipotesi non suscettibili di verificazione, e si prevale unicamente di quegli agenti che tuttodì vediamo operosi sulla superficie terrestre, sia quella che meglio corrisponde allo spirito della moderna filosofia positiva, e che sembra destinata a schiudere nuovi e preziosi campi di studi e di osservazioni per l'incremento della scienza geologica.



LE TEORIE MESMERICHE (*)

Quegli scrittori di mesmerismo che amano indossare una veste scientifica per aggiunger credito alla parte teatrale delle loro pratiche, fanno soventi ricorso ad alcune teorie tuttodi dominanti nelle scienze fisiche.

Alcuni di essi, e sono i più diretti seguaci delle fantasticherie teoriche del Mesmer, s'appigliano all'etere, ideato quale un fluido sottilissimo, elasticissimo, involgente e penetrante tutti i corpi dell'universo, e supposto come l'unico agente di tutti gli ordini di fatti, astronomici, fisici, chimici e fisiologici. Ma una così fatta ipotesi è tanto malcerta e nebbiosa, anco nella mente de' suoi propugnatori, da risolversi più presto in ozioso giro di voci mal definite, anzichè in una precisa spiegazione, non venendosi a determinare le particolari condizioni e lo speciale meccanismo, per cui s'ingenerano ne' corpi gli asseriti fenomeni.

Altri trattatisti di mesmerismo, che fanno sembianza d'essere più rigorosi e più positivi, si rapportano invece più particolarmente all'ipotesi d'uno speciale fluido imponderabile, nominato elettro-magnetico, poichè lo si ammette quale eccitatore delle azioni elettriche e magnetiche

(*) Del *Crepuscolo* Anno I. N. 40. e 41. (Novembre 1850).

offerterci dai corpi inorganici, e presuppongono per di più l'identità di questo fluido colla forza nervea, propria degli organismi animali.

Laonde, per non dilungarmi in sottili ed infruttuose discussioni, mi limiterò a sceverare il valore scientifico di quest'ultime congetture, le quali ad un primo aspetto si direbbero meglio corroborate da dottrine e da fatti. Epperò ecco la serie delle quistioni che mi propongo di esaminare:

I. Nell'organismo vivente degli animali v'ha luogo a svolgimento di elettricità?

II. Il sistema nerveo cerebro-spinale ed il sistema nerveo gangliiforme sono, a preferenza degli altri tessuti, percorsi da correnti elettriche proprie delle azioni vitali de' sistemi medesimi?

III. Il potere proprio dei nervi, la cui mercè si effettuano i moti volontari e si trasmettono al sensorio centrale le impressioni dei sensorj periferici, è in tutto spiegabile ammettendo l'esistenza di correnti elettriche proprie del tessuto nerveo?

IV. La elettricità che accompagna le azioni vitali può veramente assumersi come il principio determinante delle azioni medesime?

V. Posta anco l'esistenza di correnti elettriche nerveo-vitali, si rendono poi intelligibili le influenze d'un individuo sopra d'un altro pretese dal mesmerismo?

I.

*Nell'organismo vivente degli animali v'ha luogo
a sviluppo di elettricità?*

Chiunque sia un tal poco iniziato allo studio della fisica elettrica, saprà come tutte le azioni, per le quali le

molecole de' corpi devono mutare il loro stato d'aggregazione, vanno accompagnate da svolgimenti di elettricità. Così ogni sorta di vibrazioni molecolari, provocate ne' corpi da urti meccanici, dal calore, da mutamenti di stato fisico, da azioni di contatto, da combinazioni e decomposizioni chimiche, danno tutte, quali più quali meno, manifesti segni di elettricità. Ma in ogni caso la massima parte di questa elettricità si ricompone in equilibrio nell'interno de' corpi medesimi, mediante i continui scambi di forza elettrica, o di quantità di moto vibratorio che si effettuano tra le singole loro molecole. Per esempio, nell'atto che un corpo si scompone per combinarsi con un altro corpo, è sempre grande la quantità di forza elettrica che si pone in ginoco; però mano mano che le molecole dell'un corpo si disgregano tra loro per riunirsi con quelle dell'altro, ossia mano mano che la nuova combinazione va effettuandosi fra le molecole di que' due corpi, va del pari cessando tra queste lo sbilancio elettrico, neutralizzandosi appunto con siffatta combinazione i loro opposti stati elettrici dianzi suscitati dall'atto di disgregazione. Laonde per il fisico, che vuol render palese quell'azione elettrica, la difficoltà consiste tutta nel trovar modo di deviare all'esterno di que' corpi, nel mentre che intervengono le accennate mutazioni molecolari, una sufficiente porzione di quell'elettricità, da poter influenzare alcuno de' suoi strumenti elettroscopici, come sono il galvanometro - moltiplicatore, la rana preparata e l'elettrometro a fogliette: ad ottenere il qual intento bisogna applicare ai corpi che si scandagliano un altro corpo che più agevolmente di essi trasmetta l'azione elettrica, quali sono innanzi tutti i metalli ed i liquidi salini ed acidi; poichè allora la ricomposizione degli opposti stati elettrici delle molecole di que' corpi che toccano gli estremi di questo conduttore, succede di preferenza attraverso del medesimo.

Ora egli è chiaro che nell'organismo vivente d'un animale, e segnatamente in quelli a sangue caldo, qual è l'uomo, verificansi in ogni sua parte continui sbilanci elettrici, dovunque si compiono le funzioni nutritive o respiratorie, cioè dunque succedono azioni chimiche o termiche. E in vero, in tutti i tessuti ne' quali interviene l'assimilazione di nuove parti, in tutti gli organi per cui si effettua la digestione degli alimenti e la tramutazione del sangue arterioso in venoso e reciprocamente, ed in tutte le ghiandole in cui vien segregato dal sangue qualche umore speciale, ivi avrà pur luogo un energico conflitto elettrico.

Nondimeno la maggior copia dell'elettricità svolta in ciascuna parte dell'organismo animale, per atto chimico o per atto termico, si dovrà subitamente ricomporre in equilibrio nelle medesime parti attigue. Perciocchè, dovunque si verifica la scomposizione di qualche materiale organico, ivi presso si effettuerà pure una corrispondente novella combinazione di altri materiali; e similmente dovunque succede uno sbilancio in più di temperatura, ciò che d'ordinario interviene concomitantemente alle azioni chimiche, ivi succederà pure una corrispondente diminuzione di calore nelle circostanti parti, affinchè sia mantenuto il naturale equilibrio di temperatura fra le varie parti dell'organismo d'un animale a respirazione polmonare.

E di più devesi notare che lo svolgimento d'elettricità, al paro di quello del calore, provocati entrambi dalle azioni chimico-vitali, devono aver luogo per la massima parte nelle estreme e più sottili diramazioni dei vasi sanguiferi, là dov'esse terminano negli speciali tessuti, irrorandoli del loro liquido nutriente, poichè ivi appunto succede il trapasso del sangue arterioso in venoso, in forza della combinazione del gas ossigeno atmosferico, trascinato in circolo dallo stesso torrente sanguigno, col carbonio che

si svolge dai materiali organici nel mentre che si assimilano coi vari tessuti; oppur là dove li detti estremi rami sanguiferi, versandosi nelle speciali ghiandole, danno luogo alle secrezioni de' differenti umori. Laonde riesce evidente che tutte le azioni chimiche, termiche ed elettriche, accadendo propriamente dove le fibrille o le cellule de' varii tessuti si anastomizzano o si confondono tra loro, e dove sono meglio irrorate dai liquidi buoni deferenti per l'elettricità, si ricomporranno pressochè tutte localmente, e, quasi direi, molecolarmente in equilibrio; per modo che ben poca elettricità potrà trasmettersi per circoli alquanto estesi. E veramente si riscontrerà una circolazione elettrica soltanto attraverso quei parenchimi, o lunghesso quegli apparecchi, per mezzo de' quali succedono effettivi trasporti o circolazioni di liquidi assimilabili, oppur di materiali molto attenuati che s'originano dalle varie secrezioni; epperò siffatta circolazione elettrica accompagnerà sempre il trasporto degli umori per le membrane o per le vescicole ghiandolari, oppure il deflusso de' liquidi lungo i sistemi arterioso, venoso e linfatico, diramantisi ai singoli organi secernenti i peculiari umori. E in fatto di tal guisa si procede in alcune cure galvaniche, nelle quali le correnti elettriche sono rivolte ad introdurre negli organi viziati le materie medicamentose in istato di somma attenuazione, unitamente ai liquidi di cui si bagnano gli elettrodi del piliere che s'applicano sulle carni denudate dei pazienti (1).

Ma tutte queste considerazioni si renderanno sempre più agevoli pei biologi, allorchè i fisici sapranno semplificare le loro teorie e sviscerare più minutamente i fatti. Al qual intento assai gioverebbe sbandire dalla scienza le ipotesi degli imponderabili e degli atoni, per appigliarsi più d'ap-

(1) Vedi *Gazzetta Medica di Milano*, 31 ottobre 1846.

presso allo studio sperimentale della meccanica molecolare. Poichè, allora, denudando i fatti fisico-chimici dagli involucri teorici, si vedranno risolversi tutti alla perfine negli smovimenti e nelle suddivisioni delle molecole de' corpi, le quali azioni meccaniche si traducono poi in fatti chimici, termici od elettrici, a seconda del diverso conflitto delle particelle de' corpi reagenti tra loro, ed a seconda dei mezzi o degli strumenti che noi usiamo per constatarne l'avvenimento (1).

Ma ora convien passare alla seconda delle suesposte quistioni.

II.

Il sistema nerveo cerebro-spinale ed il sistema nerveo gangliorme, sono forse, a preferenza degli altri tessuti, percorsi da correnti elettriche proprie delle azioni vitali de' sistemi medesimi?

Alcuni fisiologi inclinano a porre il fluido elettrico come il primo agente delle varie funzioni vitali del tessuto vascolare e del tessuto nerveo, e quasi direi come il principio direttivo ed operante d'ogni atto vitale di assorbimento, di respirazione, di nutrizione, di sensazione e di motilità volontaria. Imperciocchè costoro suppongono che il cervello funzioni come un piliere voltiano, ingenerando quel fluido elettrico, il quale, col percorrere i singoli rami del sistema nerveo centrifugo, irradia a tutti gli organi ed a tutti i membri il principio delle loro speciali attività. Similmente suppongono che ogni estrema papilla nervosa dei vari sensorij esterni, rimandi al cervello, lunghesso le diramazioni centripete, tutte le particolari impressioni

(1) Vedi *Il Crepuscolo*, num. 22 (Luglio 1850).

che ciascuno di essi risente, e ciò mediante appropriate correnti dell'imponderabile elettrico che si svolge nelle papille medesime dietro l'influenza degli stimoli esterni. E infine suppongono che ogni ganglio nervoso del sistema splanico valga, per mezzo dell'elettrico che esso secerne ed irradia pe' suoi rami, a mantenere i consensi o le simpatie scambievoli de' vari visceri e le reazioni di questi sul cervello.

Or qui non è luogo d'intrattenermi ad esaminare se questo presunto meccanismo della vita animale offra davvero il vantaggio di maggior semplicità e chiarezza a fronte del meccanismo che s'ideava dai fisiologi prima del Galvani, i quali ponevano che tanto le azioni centrifughe quanto le centripete de' sistemi cerebro-spinale e dello splanico si propagassero tutte per oscillazioni, o scotimenti molecolari della polpa nervosa, paragonabili alle vibrazioni molecolari che valgono a trasmettere il suono, così ne' solidi quanto ne' liquidi. Ma invece mi stringerò ad analizzare la validità delle succitate asserzioni.

Innanzi convien avvertire che tanto la parte corticale quanto la cinerea dell'encefalo, del midollo rachideo e de' nervi, si mostrano organizzate per modo da non poter produrre che una ben scarsa azione elettrica, poichè assai deboli sono le chimiche azioni che in essi si effettuano, almeno saranno di certo più deboli di quelle che si compiono nel tessuto muscolare e ne' parenchimi vascolari e ghiandolari. E perchè poi quell'elettricità, che pure si ponesse svolta, per esempio, nella polpa cerebrale, avesse a pervenire sino ai muscoli, scorrendo lunghezza i rami nervosi, riguardati come semplici reofori o conduttori per le elettriche correnti, bisognerebbe che queste propaggini nervose del cerebro fossero in ogni lor parte rivestite, e, quasi a dire, isolate da un corpo coibente o non conduttore dell'elettrico, affinchè questo non abbia a disperdersi

lungo il tragitto de' medesimi rami attraverso i vari tessuti, bagnati da umori meglio deferenti dell'elettricità. Ma all'incontro si è provato con esatta esperienza che la guaina de' nervi, detta neurilema, nello stato normale di vita, è una membrana abbastanza buona conduttrice dell'elettrico al pari dell'interna polpa, per modo che, infiggendo gli elettrodi d'una coppia voltiana in due discosti punti d'uno stesso ramo nervoso, la corrente elettrica da essa derivata, tuttochè debole in tensione, in luogo di seguire la diramazione di quel nervo, si slancia agevolmente sui circostanti tessuti, appena che questi offrano una via più breve alla circolazione della corrente fra gli elettrodi medesimi. Inoltre, perchè una corrente elettrica, partendo dall'encefalo e passando pei nervi, avesse ad eccitare al moto i muscoli, sarebbe necessario che un tal sistema formasse un compiuto circuito, per cui la corrente ritornasse alla propria fonte, ripassando dai muscoli ai nervi ed al cerebro; poichè altrimenti non si può concepire qualsiasi elettrica circolazione. E qui le osservazioni anatomiche dimostrano che una siffatta continuità punto non sussiste fra le ultime diramazioni de' sistemi centrifugo e centripeto de' nervi che si spandono nelle masse muscolari. Anzi sperimentalmente risultò che i rami nervosi distribuentisi ai muscoli non ritornano in sè stessi, nè si anastomizzano, perciocchè non valgono a formare un circuito chiuso per una corrente elettrica che loro si applichi artificialmente in due punti un tal poco distanti l'uno dall'altro.

Ben è vero che un nervo, quando sia unito ed inserito naturalmente nella massa muscolare, lo si suppone condurre una corrente elettrica artificiale che venga al medesimo applicata, poichè ne conseguita la contrazione. Ma vuolsi osservare che in tal caso l'elettricità agisce su quel nervo allo stesso modo di qualunque altro stimolo meccanico o chimico che, similmente applicato al tronco

nervoso, desterebbe del pari la contrazione muscolare. Ad ogni modo poi questo fatto non basta, a mio giudizio, a provare che le diramazioni nervose conducano così bene l'elettricità, da toglier questa alle locali ricomposizioni accennate più sopra, come quelle operantisi nei tessuti vascolari e vescicolari, per tradurla in circolo lungo il sistema nerveo. Oltre di che l'anzidetta contrazione, provocata in un muscolo da una corrente elettrica applicata ad un nervo in esso inserito, potrebbe forse effettuarsi soltanto in causa delle mutazioni chimiche e molecolari, che la stessa elettricità artificiale produce ne' liquidi circolanti o scernentisi nel medesimo tessuto muscolare. E quanto poi all'elettricità che si volesse far derivare dai muscoli in forza delle loro proprie reazioni molecolari, non dovrà forse ancor questa muoversi di preferenza per un ramo vascolare, racchiudente un liquido miglior conduttore, anzichè muoversi per un ramo nervoso? E si noti che le contrazioni muscolari, come già aveva provato il Volta, rispondono anzitutto all'elettricità statica di tensione; laddove l'elettricità dinamica o di corrente, com'è quella suscitata nell'organismo animale dalle azioni chimiche o termiche, sarà tanto più difficilmente traducibile da un mezzo poco deferente, qual è il sistema nervoso (1).

Ma veniamo agli esperimenti più diretti, coi quali si è da alcuni creduto provare la esistenza di correnti elettriche nerveo-muscolari negli animali viventi. Poichè, infiggendo due lancette di platino, saldate ai reofori d'un galvanometro, l'uno nel cervello od in un nervo, e l'altro in un muscolo qualunque, si era riscontrata una corrente

(1) Alcuni de' precitati riflessi furono già dall'autore del presente articolo accennati in una nota inserita nella *Gazzetta Medica Lombarda* del 28 gennaio 1850, sotto il titolo: *Sviluppo d'una corrente elettrica nell'atto delle contrazioni muscolari*.

elettrica, capace di far deviare di parecchi gradi l'ago astatico del reometro, erasi da taluno presto accettato questo fatto come una diretta prova della realtà delle ridette correnti elettro-vitali. Ma costoro non avvertivano che un tal fatto provava unicamente essere quelle due lancette di platino poste in condizioni appropriate ad originare una doppia corrente-elettrica, perciocchè tali punte metalliche toccavano corpi di natura chimica tra loro differente (nervo e muscolo), ed eravi di mezzo a questi un corpo conduttore dell'elettricità (i varii tessuti parenchimatosi e muscolari, irrorati in istato naturale da diversi umori), il quale serviva a compiere il circuito fra que' due corpi eterogenei ed il filo galvanometrico. E pertanto questo fatto nulla prova di più di quanto provava il fatto delle contrazioni della rana preparata da Galvani; il qual fatto era già stato ridotto al suo giusto valore dal Volta e dal Fabbroni, dimostrando essere un tal fenomeno elettrico non già puramente provocato dall'azione vitale della innervazione, ma bensì dalla differenza di forza elettromotrice (Volta) o piuttosto dall'azion chimica (Fabbroni) fra due corpi eterogenei messi da una parte in contatto fra loro, e dall'altra comunicanti mediante un corpo buon conduttore per l'elettrico (come un metallo, od un liquido acido o salino). E in vero somiglienti correnti elettriche, e talor più poderose, si ottengono dagli animali viventi, tentandoli in pari modo con quelle lancette tra i muscoli ed i vasi sanguiferi, tra il cuore e gli intestini, tra gl'intestini e la cistifellea, tra lo stomaco e gl'intestini, tra gl'intestini e la vescica urinaria, tra la cute esterna e la membrana sierosa del canal digerente, tra l'interiore d'un muscolo e la superficie esteriore del medesimo, e in genere può dirsi tra le due opposte faccie d'una qualsivoglia membrana, le quali siano bagnate da due liquidi di natura appena diversa l'uno dall'altro.

All'incontro tutte le volte che si infissero tali lancette di platino unite ai capi del filo galvanometrico, in due discosti punti pel lungo d'uno stesso ramo nervoso, e che si usarono le debite diligenze, onde evitare qualsiasi eterogeneità di contatto delle medesime, mai non si sono potuti scoprire sicuri indizii d'una corrente elettrica veramente nerveo-vitale, per quanto siensi ripetuti siffatti tentativi sopra diversi animali, come a dire conigli, cani, cavalli, anguille, rane, ecc. E quand'anche certuni pretendano d'aver ottenuti segni di corrente elettrica, infiggendo le due punte del reometro in una sezione trasversale d'un ramo nervoso, l'una nell'interno di esso, e l'altra appena alla superficie, pure starebbe ancora in questo caso, come in tutti i casi testè menzionati, che una tale corrente elettrica sarebbe provocata dalle diverse reazioni chimiche, per cui, mediante i vari elementi del sangue, si compie differentemente la nutrizione delle parti interne ed esterne di quel tronco nervoso: epperò gli sbilanci elettrici, indotti da queste azioni chimiche, dovrebbero naturalmente ricomporsi in equilibrio localmente, cioè tra quelle medesime molecole nervee e sanguigne, senza dar luogo a niuna corrente circolante pel luogo dell'apparato nervoso, mentre nell'anzidetto sperimento una porzione di tale elettricità vien distolta da quella locale ricomposizione, soltanto a motivo del più facile cammino esibito dal filo metallico del galvanometro che lo sperimentatore vi applica.

Or, dietro queste considerazioni, mi sarà agevole il risolvere anche le altre quistioni.

III.

Il potere vitale proprio de' nervi, la cui mercè si effettuano i moti voluntarj e si trasmettono al sensorio centrale le impressioni de' sensorj periferici, è veramente al tutto spiegabile, ammettendo l'esistenza di correnti elettriche proprie del tessuto nerveo?

Alla quale istanza credo si possa risolutamente rispondere con una negazione. Imperocchè, volendo pur anco concedere quanto d'appresso le cose dette sopra è ben lungi dall'essere provato, che il sistema nervoso negli animali viventi sia percorso da speciali correnti elettriche, non riescirebbe sì presto spiegabile, colle ordinarie leggi dell'elettro-dinamica, l'azione speciale dei nervi che presiedono ai movimenti, nè di quelli che servono alla sensibilità generale dell'organismo animale, nè di quelli che mantengono gl'influssi simpatici tra i diversi organi della vita vegetativa, e meno poi di quelli che tramandano all'encefalo le diverse nature di percezioni de' sensorj periferici coi fatti esterni. E per verità può ben credersi che ognuno dei nervi inservienti a così diversi uffici, appunto perchè nella macchina organica hanno una distinta origine ed un andamento separato gli uni dagli altri, abbiano altresì una differente costituzione interna, per cui riescano diversamente modificati i movimenti molecolari, in virtù de' quali ciascun d'essi traduce le peculiari impressioni comunicategli dagli organi da cui parte ed a cui termina. Laddove sarebbe assai difficil cosa l'immaginare come una semplice corrente dell'imponderabile elettrico possa per sè soddisfare a funzioni tanto svariate, operando in un tessuto, qual è il nervoso, apparentemente più omogeneo d'ogni altro nelle singole sue diramazioni.

Epperò quei fatti che si vorrebbero rischiarare colla supposizione delle correnti elettro-nervee, rimangono tuttavia ben tenebrosi per l'intelletto nostro; anzi le difficoltà sembrano piuttosto accrescite che scemate.

E d'altronde anco in quegli animali che si mostrano apertamente dotati del potere di suscitare dal loro interno alcune poderose correnti elettriche, si trova che queste sorgono soltanto da un apposito organismo. Per esempio, nella torpedine vivente non si potè, sperimentando accuratamente, rilevare che il suo sistema nervoso nè generi nè conduca alcuna distinta elettrica corrente, anche tentando quei tronchi nervosi che si distribuiscono nell'organo ad essa speciale, da cui scaturisce la elettricità sua propria. E così in tutti quegli altri pesci, ne quali si riconobbe un proprio potere elettrico, si rinvenne che la loro elettricità deriva unicamente da un organo od apparato affatto speciale di questi animali, e probabilmente è ingenerata dall'azion chimica della materia mucosa, contenuta in tante vescichette che, addossate l'une all'altre, formano le varie colonne prismatiche, costituenti l'apparato medesimo: e si osservò che i filamenti nervosi espandentisi frammezzo a tali vescichette provengono tutti dal midollo allungato e dal sovraincumbente quarto lobo cerebrale: laddove la restante massa encefalica non ha alcuna influenza sul potere elettrico peculiare di quest'apparato. E pertanto codesti fatti eccezionali dei pesci chiamati elettrici, depongono anzi contro la predetta ipotesi d'una elettricità nerveo-vitale, provando essi che per questa, come per qualsiasi altra speciale funzione degli animali, è necessario un organo apposito, ed appositi rami nervosi; e che poi pel compimento d'una tal funzione è necessaria l'innervazione, ossia l'integrità fisiologica di quell'organo co' tronchi nervosi in esso inseriti. Conciossiachè si è osservato che, tagliando questi nervi speciali, anzi soltanto stringen-

doli per poco con una legatura, cessa il potere elettrico di quell'apparato, cessando in questo lo stimolo nervoso, necessario alla continuazione degli atti chimico-vitali propri dell'apparato medesimo: dovechè se realmente, come alcuni supposero, dal midollo allungato si derivasse per que' tronchi nervosi una corrente elettrica, questa non sarebbe punto intercettata da una siffatta legatura, come si può sperimentare, applicandogli una corrente artificiale.

IV.

La elettricità che accompagna le azioni vitali, può veramente assumersi come il principio determinante delle azioni medesime?

Dopo i riflessi suesposti, si può francamente asserire, che la elettricità manifestantesi in quasi tutte le diverse azioni vitali degli animali è un puro prodotto di queste. E in fatti, analizzando attentamente le singole azioni dei corpi organizzati, sempre si trova che la elettricità per esse svolta è, al pari del calore che pur manifestano, un semplice effetto delle varie azioni molecolari, che intervengono per le reazioni chimiche de' diversi elementi organici, la cui mercè si compiono le speciali funzioni di respirazione, di digestione, di assimilazione, di secrezione umorale, di traspirazione cutanea, di escrezione, ecc.

Prendiamo infatti ad esaminare il caso in cui si ebbero i più distinti indizi di corrente elettrica nell'organismo d'un animale vivente, voglio dire, quello della corrente, così detta muscolare, che si ottiene, come s'accennò sopra (§ II), infiggendo le estremità del filo reometrico, l'una nell'interno d'un muscolo, e l'altra in una parte superficiale del medesimo. Egli è facile convincersi che un tale effetto elettrico è unicamente dovuto agli energici

conflitti molecolari effettuanti nel tessuto muscolare, durante l'elaborazione nutritiva sua propria, e segnatamente per le reazioni che vi si compiono tra gli elementi del sangue e l'ossigeno aereo, inspirato ne' polmoni e tradotto in circolo dai rami arteriosi. Imperocchè questa corrente elettrica che si manifesta tra l'interno e l'esterno d'un muscolo, si mantiene in esso anche privandolo de' suoi rami nervosi, e si mostra proporzionata soltanto all'inzuppamento sanguigno del muscolo, e quindi anche al calore in esso suscitato dalle medesime reazioni chimiche del sangue sul suo tessuto fibroso. E la tensione di siffatta corrente muscolare s' aumenta d' assai, disponendo accoppiamente, a guisa d'un piliere, una serie di muscoli, per modo che la parte superficiale di ciascuno si trovi in comunicazione colla parte interna del susseguente; sia poi che si operi sopra animali viventi, o sopra puri tronchi di muscoli, tolti da animali di fresco uccisi. Sul qual proposito credo opportuno di riferire le ultime conclusioni degli studi sperimentali, proseguiti per vari anni dal Mattencci (*), poichè vengono in piena conferma de' precedenti riflessi. Eccole raccolte in breve:

1.° L' intensità della corrente elettrica propria dei muscoli si trova maggiore negli animali viventi a sangue caldo, come negli uccelli e ne' mammiferi, che non in quelli a sangue freddo, come sono le rane, le anguille, ecc. Però, ove si sperimenti sugli animali morti, anche da poco, una tal corrente si affievolisce assai più prestamente nei primi anzichè in quest' ultimi, appunto perchè in quella cessa più prontamente l'azione chimica, mantenuta dalla respirazione polmonare 2.° La forza della corrente muscolare è in rapporto collo stato di nutrizione dei singoli muscoli d' uno stesso animale, risultando sempre maggiore

(*) Veggansi i *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* per l'ora scorso mese di settembre.

nei muscoli più robusti e più operosi, cioè dove è più continuo e più vivace l'afflusso e la tramutazione del sangue: che però negli animali a sangue freddo questa corrente riesce debolissima durante l'inverno, e tutte volte si trovino in un ambiente freddo, poichè in allora sono pur lente nel loro organismo le funzioni nutritive. 3. La innervazione non è necessaria per la corrente muscolare, essendochè la integrità e la presenza de' rami nervosi espandentisi in un muscolo, non influisce sensibilmente sulla intensità della corrente elettrica da esso appalesata, mentre que' ramuscoli nervosi funzionano in questo caso come semplici conduttori, e piuttosto imperfetti; e così pure i veleni narcotici, i quali agiscono più direttamente sul sistema nervoso, non producono alcuna sensibile influenza sulla ridetta corrente: all'incontro negli animali uccisi coll'acido idro-solforico che ha una più diretta azione sul sistema sanguigno, la corrente risulta notevolmente affievolita. 4. La corrente elettrica che si promuove dai muscoli è di molto più energica di quella che si sviluppa in ogni altro tessuto, come sarebbe il cervello, lo spinale midollo, il fegato, i polmoni, ecc.: per esempio, una pila composta di una ventina di elementi, formati di tronchi di lobi cerebrali, tolti da un bue o da altro mammifero, tosto dopo la morte, produce una corrente appena sensibile; mentre una pila d'un egual numero di tronchi muscolari, levati dallo stesso animale, ne produrrebbe una assai vigorosa.

Le quali risultanze sperimentali, se anco non fosse altro, provano all'evidenza, che la corrente elettrica propria dei muscoli è puramente originata dall'azione chimico-molecolare che ne' medesimi interviene, più viva che in qualunque altro tessuto. Il che ognun vede corrispondere a quell'altro dato sperimentale del riscontrarsi appunto nella respirazione la principal sorgente del calore

proprio degli animali a sangue caldo, e propriamente nella tramutazione del sangue arterioso in venoso, la quale specialmente si compie nel tessuto muscolare; laddove assai scarso è il calore che si svolge per tutte le altre azioni chimico-vitali, effettuandosi negli altri tessuti. E questa è poi anco la ragione per cui s'è detto sopra (§ II) che, tentando con un galvanometro un nervo a fronte di un muscolo, si ottiene una ben sensibile corrente elettrica, essendo questi due tessuti i più opposti tra loro per riguardo alla diversa energia delle reazioni chimiche che accompagnano la loro rispettiva nutrizione.

Aggiungasi poi che non vi ha alcuna essenziale differenza tra l'anzidetta pila organico-animale e quella organico-vegetale, che si costruisce sovrapponendo alternativamente alcune fette di bietola (*beta vulgaris rubra*) e di ramolaccio (*raphanus sativus*), e frammezzando ciascuna coppia con una sottil lastra di legno inzuppata nell'aceto allungato; se non è la notevole differenza nella intensità delle correnti elettriche che da tali due pile si producono, la quale però riesce appunto proporzionale alla differenza che v'ha tra l'energia delle azioni chimiche che in esse intervengono, essendo che per certo è men viva la reazione tra gli umori di dette due radici vegetali, di quella che accade fra gli elementi liquidi, gassosi e fibrosi dei muscoli. E in vero nell'or accennata pila vegetale la corrente riesce più vigorosa, non solo col numero delle coppie, ma ancora secondo che quelle radici si tentano in istagione calda, e lorchè i loro sughi sono più copiosi e più attivi. Impertanto convien dire che, in entrambo queste pile di corpi organici, la sorgente prima della corrente elettrica consiste nei conflitti molecolari che si effettuano tra le varie parti dei medesimi corpi; epperò esser questa sorgente alla perfine identica con quella d'una corrente che si avrebbe dal conflitto molecolare di diversi

liquidi affatto inorganici, come, ad esempio, quella che si avrebbe da una pila a corona di tazze, contenenti alternativamente una soluzione alcalica ed una soluzione acida.

Laonde parmi si possa abbastanza fondatamente inferire dalle cose sin qui dette, che tanto le azioni molecolari, chimiche, termiche ed elettriche, quanto le summenzionate funzioni proprie dei corpi viventi, non saranno mai interpretate positivamente, finchè le teorie fisico-chimiche non verranno formulate dietro i principi sperimentali della meccanica molecolare, e finchè i fisici non si divizzeranno dal facile ripiego di que' fluidi imponderabili, che si vogliono esistenti a parte della materia pesante, ammessa come puramente passiva. E quindi è a desiderarsi che gli studi fisici e chimici abbiano abbastanza dilucidate le proprietà fondamentali de' corpi minerali e le principali loro leggi d'azione, da poter validamente sussidiare i fisiologi nelle loro delicate indagini sulle funzioni de' corpi atteggiati a forme organiche e dotati di vita individua. Né con ciò si vuol dire che le leggi della vita organica siano identiche con quelle dell'attività propria della natura minerale; ma s'intende asserire che gli elementi di quest'ultime leggi, dovendo necessariamente entrare anco nelle prime, non potranno esser quelle stabilite positivamente, sinchè le altre non saranno esattamente conosciute. Epperò la biologia, come scienza dipendente e più complicata della fisica, toccherà uno stadio veramente scientifico, solo allorchando sarà questa basata sopra saldi ed evidenti principj; avvegnachè, anco storicamente, le attinenze di tali due scienze si mostrano così strette, da vedersi i perfezionamenti e le divagazioni teoriche dell'una seguitare da vicino quelli dell'altra.

E per certo l'organismo degli animali, durante la vita, deve andar soggetto a leggi assai più variabili e complesse ne' loro termini, a fronte di quelle proprie de' corpi anor-

ganici, e forse son rappresentabili matematicamente solo da curve di terzo ordine. Perciocchè molte sono le condizioni cui quell'organismo deve di necessità soddisfare: 1. affinchè abbiano ad effettuarsi nel medesimo le molteplici azioni di tante parti tra di loro dissimili, in modo da produrre una funzione determinata per rispetto a ciascun organo; 2. affinchè sia questa cospirante coll'altre funzioni di que' distinti organi che, presi tutti insieme, costituiscono un animale individuo; e 3. affinchè riescano controbilanciate le multiforme e continue influenze delle forze cosmiche generali, e degli speciali mezzi entro cui esso vive.

Impertanto converrebbe che i fisiologi, nell'investigare i fenomeni della vita, non avessero dall'una parte ad appagarsi troppo facilmente di spiegazioni vaghe, basate sopra malcerte analogie coi fenomeni fisici; e non fossero d'altra parte troppo corrivi a fantasticare l'esistenza di certi spiriti vitali, dell'etere biotico, del fluido nerveo, della polarità organica, ecc., sintanto che non siano dimostrate insufficienti le comuni facoltà fisico-chimiche della materia; stante che l'importazione di quegli enti ipotetici nelle teorie fisiologiche, non può che imbarazzare i progressi sperimentali dalla scienza. E in vero non dovrebbero i fisiologi dipartirsi mai dal metodo razionale per le indagini naturali, il quale appunto consiste nell'evitare cautamente quelle comuni scapatoie delle menti deboli, troppo pronte a parificare l'ignoto col noto, od a creare nuovi principj per troncare a mezzo le difficoltà. Gli efficaci incrementi delle scienze sperimentali si ottengono dapprima colla scrupolosa e minuta analisi delle varie circostanze de' fenomeni, onde depurarne le sole condizioni necessarie alla loro produzione, e poscia colle prudenti congetture sulle loro cause efficienti, tentandone mano mano il valore per mezzo delle loro più dirette conseguenze.

Or eccomi all'ultimo dei proposti quesiti.

V.

Data anco l'esistenza di correnti elettriche nerveo-vitali, si spiegano poi realmente le influenze d'un individuo sopra d'un altro, pretese dal mesmerismo?

Poniamo pure, in via d'ipotesi, che dal cervello d'un animale vivente si dipartano effettive correnti elettriche, diffondentisi lunghe i rami nervosi. Dovranno però esse di molto differire, secondo che l'animale sarà in istato di veglia, oppure di sonno, a cagione della diversa funzionalità, tanto degli organi della vita animale che di quelli della vita vegetativa, durante quei due differenti stati. Epperò, ove si voglia che siffatte correnti diano ragione dei moti volontari de' membri durante la veglia, allora mal si converrebbero le correnti medesime a spiegare una costante funzione vitale de' nervi sensiferi, e segnatamente di quelli del sistema gangliiforme, i quali, attesa la delicatissima loro struttura, devono tradurre le scambievoli influenze dei visceri con mezzi certo differenti dalla diretta circolazione d'un fluido. Che se si volesse invece supporre che le ridette correnti elettro-nervee fossero continue, com'è continua l'azion chimica della sanguificazione e della assimilazione, e quindi più direttamente corrispondessero alla costante ed involontaria azione de' nervi sensiferi e simpatici, allora resterebbe inesplicata l'azione discontinua e volontaria del sistema cefalo-rachideo sui nervi motori. E qualora poi le influenze simpatiche d'un individuo su di un altro si esercitassero per una modificazione delle correnti elettro-nervee (modificazione che solo potrebbe agguardare la loró direzione o la loro intensità), esse tutt'al più si risolverebbero in semplici scuotimenti, parziali o generali dell'organismo dell'individuo influen-

zato. E tutte queste supposizioni diverrebbero ancor più imbarazzanti, ove l'elettrica corrente, come oggimai sembra provato, non foss' altro che un doppio scambio di particelle materiali, ridotte a molta attenuazione da qualsiasi azione chimico-molecolare.

Avvertasi poi essersi sperimentato da parecchi fisici e fisiologi, che anco le più forti contrazioni, suscitate per qualunque stimolo, meccanico o chimico, nel sistema nerveo-muscolare, non sono capaci di effettivamente agire per induzione, promovendo correnti inverse in alcune piccole spirali metalliche, disposte all'intorno del tronco nervoso di tal modo irritato; laddove ciò si otterrebbe con qualsiasi pur debole elettrica corrente artificiale.

D'altronde il sonno provocato dalle operazioni mesmeriche indicherebbe piuttosto una sospensione di quelle correnti nerveo-elettriche, asserite come caratteristiche dello stato di veglia, anzichè accennare ad un puro mutamento nella loro intensità o direzione; epperò un tale stato dovrebbe più presto suscitare alcune alterazioni nella vita vegetativa, che non una modificazione nella vita sensitiva.

Ma, ove si volesse passare ad un più minuto esame delle pretese spiegazioni, offerte dai mesmerizzatori circa i vari fenomeni veramente anormali da essi asseriti, mai non si finirebbe di notare i concetti confusi, contraddittorj ed assurdi di che sono ripiene. Laonde varrà meglio invitarli a voler innanzi tutto studiare per bene la fisica e la fisiologia, ed a voler sviscerare dapprima le diverse condizioni vitali dei fatti tuttora inesplicati, come a dire il sonno e la veglia, i moti volontari e le sensazioni, le simpatie e le antipatie, il sonnambulismo e la catalessi, ecc., avanti di lanciarsi in quel pelago indefinito e tenebroso delle loro fantastiche dottrine. E d'altra parte gioverà pregarli di voler poi procedere con un ordine veramente analitico e

scientifico ne' loro sperimenti mesmerici, sceverando le apparenze dai fatti, studiando le condizioni fisiologiche dei soggetti meglio atti al sonnambulismo artificiale, avvertendo le influenze fisiche dei mezzi, ripetendo le tante volte le loro prove con circostanze variate, evitando di teorizzare su pochi casi e con iscarsi dati, e soprattutto astenendosi dal ridurre le sperienze mesmeriche a puro oggetto di spettacolo o di mercato.



PRELEZIONE

AD UN CORSO DI FISICA (*)

Signori!

Chi si fa a meditare sulle vicende politiche dei popoli è di sovente colpito da un tormentoso dubbio: l'umana perfettibilità è veramente un fatto, oppur soltanto un desiderio dei buoni? E di vero, in luogo d'un graduato e continuo miglioramento nelle condizioni di ben'essere e di civiltà d'ogni nazione, non di rado gli si affacciano deplorabili travimenti, e quasi direbbonsi de' ritorni verso la prisca barbarie. Ma s'ei volge il pensiero alla storia delle scienze, e considera in specie il corso degli studi sperimentali, ei non può non avvedersi dell'incessante e rapido progresso compiuto dall'intelletto umano nella investigazione delle leggi del mondo sensibile, e nel dominio su le forze e su le cose naturali. Quasi ogni dì vediamo la natura costretta a svelare ed a trasmettere alle mani dell'uomo alcuno de' suoi possenti artifici.

Sì, o Signori, il progresso intellettuale dell'umanità è irrecusabile, dirò anzi evidente, per chiunque non abbia proposito di chiuder gli occhi innanzi alla luce del vero. E in fatto, chi non vede che l'attuale splendore delle arti meccaniche e manifatturiere nei popoli più civili è quasi interamente dovuto alla nobile gara per gli studi sperimentali, che fra di essi è insorta da poco più d'un secolo?

(*) Detta nella Scuola Vanoni, annessa al Liceo Cantonale in Lugano, nel novembre 1851.

Nè con ciò intendo avvalorare il dubbio testè enunziato sulla realtà del perfezionamento morale dell' umana schiatta. Voglio solo additarvi come il campo della scienza sia assai più saldo e ferace che non il campo della politica. In questo i principj sono ancor troppo indecisi od involuti, e più spesso manca l' efficace volontà a tradurli in atto: poichè qui le passioni muovono aspro e cieco contrasto al trapasso dalla teoria alla pratica. E finora l' uomo si mostra più forte e più sagace nel dominare la natura che non le proprie passioni. Laonde, per avvederci del progresso civile dell' umanità, non basta il sindacare nè i fatti d' un sol popolo, nè quelli d' una sola epoca: ma ci è d'uopo, per così esprimermi, rintracciare le più recondite fila che connettono le sorti de' popoli tra di loro, e scoprire le più lontane influenze delle opere degli avi sull' incivilimento dei posterì.

E appunto con questa lettura m' accingo a provarvi, o Signori, che il fatto incontrovertibile del perfezionamento delle scienze dev' essere riguardato, non soltanto come il più sicuro indizio della sussistenza del progresso morale, ma ancora come il più valido strumento del progresso medesimo.

Se non che, per questo riguardo, corre non poca differenza tra le scienze sperimentali, e quelle che s' attengono alla pura speculazione sulle cause efficienti delle cose; come sarebbe, a cagion d'esempio, la metafisica, intesa, a modo degli antichi, qual dottrina indipendente e direttrice d' ogni scienza empirica. Vedete quanta estensione e qual sicurezza siansi acquistate nel campo delle scienze naturali, solo in quest'ultimi tempi; e pur vedete qual mirabile concordia nè' principj regni in questo campo affollato! E d' altra parte ponete a confronto i microscopici guadagni ottenuti in egual tempo dalle dottrine filosofiche: mentre che tra il sottile stuolo dei loro addetti

ferve un' ostinata battaglia di principj, ognun d' essi contrastando agli altri il vanto d'aver posata la scienza sulle veri sue basi. I nomi di Kant, di Fichte, di Hegel, di Cousin, di Rosmini e di Gioberti alto echeggiarono per quasi tutta Europa: ma il frutto che dai loro scritti è derivato alla civiltà, lo trovate ben scarso, qualora lo paragoniate cogli efficaci mezzi di forza, di prosperità e di lustro, che ci addussero i più modesti nomi di Franklin, di Volta, di Watt, di Wheatstone, di Daguerre, di Jacobi, di Dumas, di Leibig, e di tant'altri indefessi sperimentatori.

I nomi di costoro, meglio che nelle fastose aule dei filosofanti, risuonano benedetti ne' cuori del popolo. Perciocchè gli studi di questi veri benefattori dell' umanità ci diedero il parafulmine, la pila, la macchina a vapore, il telegrafo elettrico, la fotografia, la galvano-plastica e la chimica tecnica ed agricola: tutti mirabili sussidi di civiltà, oramai attuati, non dico in ogni città, ma quasi in ogni più umil borgo d' Europa e d' America: ove animano le officine industriali, ove incalzano il commercio, ove risparmiano il sudore del popolo, ove perfezionano quasi tutte le arti, ove fertilizzano il suolo. Per essi furono vinte le forze della materia bruta, e i corpi tutti risolti ne' loro elementi. Per essi l' imperversar dei venti più non impedisce il corso alle navi, ed i nubi più non c' impauriscono colle loro folgori. Per essi le distanze dei luoghi riescono di ben dieci volte accorciate pei trafficanti, ed un pò di carbone compie il lavoro di centinaia di braccia umane. Per essi la volontà ed il pensiero dell' uomo sono trasmessi colla rattezza del lampo per vastissime regioni, trapassando, non visti, e monti e mari. Per essi la luce del sole è forzata a ritrarre da sè, in un attimo, paesaggi, monumenti, persone, scritture, segnandone sul metallo, sul vetro, o sulla carta i più delicati contorni. Per essi il tranquillo giuoco d' un liquido vale ad incider

lastre ed a modellare in rilievo qualsivoglia oggetto, con diligenza e prestezza ben maggiori che non facessero il bulino e lo scalpello nelle mani del più esperto artista. Per essi, infine, gli artificj con cui s'apprestano le materie alle diverse industrie si resero di molto più agevoli, più sicuri e più economici: e gli ammendamenti meglio convenevoli per ciascuna natura di terre e per ciascuna specie di vegetali sono assegnati e misurati con una precisione, pari a quella che adopera il chimico nel comporre i suoi preparati. E da tutto ciò, incalcolabili risparmi di tempo, di fatiche, di spese e di tentativi in ogni arte, in ogni industria: e quindi la potenza e la ricchezza delle nazioni si trovarono, quasi per incanto, moltiplicate.

Oltre a questi, dagli studi sperimentali derivarono indicibili vantaggi a tant' altri elementi di ben' essere e di civiltà. La pubblica igiene giunge a protrarre la vita media del popolo ed a rassicurarne la salute, col premunirlo contro la diffusione dei contagi, e contro gl' influssi dell' aria corrotta da perniciosi effluvi. Al medico vengono offerti nuovi salutarî farmaci, e facili mezzi per tradur questi direttamente agli organi viziati, e per ridestare al moto le membra irrigidite. Al chirurgo si pongon sussidi adatti all'operare spedito, riducendo il paziente insensibile ai dolori. All' anatomista ed al fisiologo son segnalati i processi per mettere in luce la minuta compagine dei corpi organizzati, ed il segreto giuoco delle loro funzioni. All' astronomo si danno strumenti capaci di raggiungere i più remoti spazi del cielo, e di misurare con meravigliosa sicurezza la distanza, il volume ed il peso degli astri: e quindi egli può, quasi ogni giorno, svelare a migliaia nuovi soli, e confermare sempre meglio l' ordine indeclinabile e la indefinita ampiezza dell' Universo. E intanto colla lampana di Davy i minatori più non paventano le frequenti ruine, che seguivano allo scoppio

d'arie infiammabili; e mercè la maschera magnetica gli aguzzatori di spilli più non ispirano nocivi polviscoli di metallo. Coll'impulsore ad elicoide il nocchiero può dirigere il suo naviglio anche di mezzo alle più alte onde; e grazie al cronometro ed alla bussola ei ne può determinare la posizione, anche fuor della vista d'ogni terra. Col ponte tubulare, vero prodigio dell'arte umana! le pesanti locomotive, con lungo treno di carri, sorpassano il mare, trasvolando sovra gli alberi delle maggiori navi. E altrove, mercè il motore ad aria compressa, quegli stessi gravi convogli valicano agevolmente i più erti colli.

Nè mai io avrei fine se tutte dovessi ricordarvi, o Signori, le gloriose conquiste che l'umana mente ottenne, pur solo a di nostri, in virtù degli studi sperimentali. Non posso però tacervi di quel ch'io reputo sussidio precipuo d'incivilimento. Le scienze sperimentali, nel tempo stesso che smascherarono la vacuità di quelle pompose dottrine che si dettavano nelle antiche scuole dei filosofi, addussero ben anco alla capacità del popolo i principj e gli strumenti d'una logica facile e feconda. Ognun sa che i precetti logici, raccolti negli Analitici d'Aristotile, avvegnachè rinforzati da infinite glose di commentatori, non giovarono tutt'al più che ad uno scarso numero di letterati: ma non mai discesero sino al popolo, a dirigere le sue facoltà intellettuali. Anzi a tutti voi è noto, che la logica dello Stagirita ad altro non valse, per ben dieci secoli, che a traviare, dietro futili astrattezze, i più gagliardi ingegni surti in Europa dall'acuto Boezio, infelice consigliere di Teodosio, sino all'ardito Pomponaccio, precursore di Lutero. E fu allora che, in Italia, le novatrici dottrine del Cardano, del Telesio, del Bruno, del Campanella e del Vanini, diedero il primo crollo al venerato edificio della filosofia peripatetica: ma soltanto al metodo sperimentale, inaugurato dal Leonardo da Vinci, e maneggiato robusta-

mente dal Galileo, spetta il vanto d'aver rovesciato fin dalle fondamenta quel superbo edificio. Fu infatti il Galileo che adoperò pel primo, con unica perspicacia, tutti gli strumenti logici della novella filosofia: l'osservazione, l'esperienza, il calcolo ed il libero raziocinio. Ed è alla scuola di questo sommo italiano che l'umanità va debitrice, ben possiam dirlo, di tutto che v'è di utile e di solido nelle attuali nostre condizioni. E quindi, coll'impiego di siffatti stromenti, che la natura istessa appresta ad ogn'uomo, potrà il popolo togliersi alfine da quell'infingarda ignoranza, che tuttora lo adescia e lo avvinghia, e divenire laborioso ed intelligente, come si addice per la sociale convivenza. Or vedete, o Signori, in qual senso sin da principio io vi diceva che il perfezionamento delle scienze, oltre all'attestarci la realtà del progresso morale nell'umana famiglia, vi coopera altresì, come uno de' più efficaci fattori di civiltà.

E se tanti vantaggi venner già recati all'umanità da quelle scienze sperimentali, che appena da tre secoli furono intravedute, che finora contarono uno scarso numero di studiosi, e che sono ancor manchevoli in moltissimi punti cardinali delle loro dottrine, lascio a voi, o Signori, d'immaginare quali e quanti beneficj esse arrecheranno, allorchè si faranno, come certo accadrà, ricche di più estese ed esatte nozioni di fatto, più larghe di applicazioni, meglio chiare e precise nei loro principj, insomma, allorchè esse si diffonderanno più facilmente e più largamente di mezzo al popolo!

Ma qui gioverà avvertire d'un pregiudizio, che è pur comune tra loro che, ignari della storia dei veri progressi di queste scienze, non sanno ben discernere ed apprezzare le prime e più efficaci condizioni de' loro incrementi. Suppongono costoro che a trasfondere l'istruzione scientifica nel popolo, basti il mettergli tra le mani alcuni sottili

volumi, i quali, stringendo in brevi pagine i principj ed i trovati delle scienze, risultino alla portata delle tenui sue finanze. Ma siffatti manuali, o libri elementari, comunque si chiamino, hanno d'ordinario il mal vezzo di esporre le nozioni scientifiche con un linguaggio troppo scolastico, e sprovvedute di quel corredo di dati sperimentali, di esempi di fatto e di argomentazioni rigorose, che torna necessario alla loro dimostrazione. Da qui proviene che i principj, le leggi ed i fenomeni naturali, annunziati in tali volumetti riescono ancor più difficili ad apprendersi che non lo siano negli estesi trattati. E così il popolo, o s'induce a rigettare da sè quei libri, come disadatti alla sua intelligenza, oppure - ciò che è peggio - si abitua ad appagarsi di nozioni dimezzate e confuse, e quindi a credere ed a ripetere ciecamente le cose che trova scritte. Ma allora, o Signori, va perduto interamente il profitto d'ogni istruzione positiva. Le scienze sperimentali - come già vi dissi - si propongono anzitutto di formare l'abito del ragionare, che è quanto dire, di porre in evidenza le norme più appropriate al facile e sicuro maneggio di quegli stromenti logici che testè v'enumerai: l'osservazione, la esperienza, il libero raziocinio ed il calcolo. Queste scienze non ricercano la fede, ma si volgono alla ragione; non impongono dogmaticamente la verità, ma additano le vie per scoprirla o per confermarla. E questo è il vizio principale anche di quella istruzione elementarissima su le cose naturali, che si suol dare nelle scuole primarie di molti paesi. In esse non s'insegnano tutt'al più che alcuni vocaboli scientifici ed alcune nozioni incompiute, e ben soventi anche erronee, dei fatti e delle leggi del mondo sensibile. Laddove le scienze sperimentali non progredirono mai per istudj superficiali e disordinati, ma unicamente per opera di accurate, minuziose ed insistenti indagini.

LA CHIMICA ORGANICA (*)

I.

In quest'ultimi anni la chimica, prendendo a studiare in ispecial modo le proprietà dei composti organici, gittò molta luce sui complicati fenomeni della nutrizione ne' corpi viventi, vegetabili ed animali. Il principale assunto delle lettere del Liebig è questo appunto di far noti, anche a coloro che non coltivarono in ispecial modo la chimica, i validi sussidi ch'essa può prestare alla fisiologia, all'igiene, alla medicina. Non sono molt'anni che alcuni fisiologi asserivano essere tornati al tutto inutili ai loro studi i ritrovati della chimica. Così fatta querela, nel mentre che accennava all'imperfezione della chimica organica prima dei diligenti ed assidui lavori del Berzelius, del Liebig, del Dumas, del Gerhardt e d'altri molti, metteva altresì in rilievo un vizio radicale nel metodo scientifico, seguito tuttavia da molti tra i più rispettati cultori delle scienze mediche. Ogniquale volta costoro riscontrano ne' corpi organizzati un fenomeno, di cui mai non fu dato loro osservare il somigliante nelle azioni dei corpi privi di vita, tosto sentenziano esser quello ingenerato da certe misteriose ed indefinite potenze, ch'essi suppongono insistenti soltanto negli esseri organati, sotto nome di forze vitali. Certo che sarebbe stoltezza il voler confondere ed

(*) Dal *Crepuscolo* An. IV. N. 39 e 40 (Novembre 1855).

assimilare i corpi viventi coi corpi bruti; ma è pur biasimevole vezzo quello di fantasticar nuove forze e nuove leggi per ispiegare quei fatti che ci sembrano uscire dal dominio delle forze e delle leggi già note, soltanto perchè non li abbiamo con sufficiente diligenza investigati in tutti i loro particolari ed in tutte le loro attinenze cogli altri fenomeni. Miglior partito è quello di confessare francamente la nostra ignoranza su tale o tal altro ordine de' fatti, anzichè voler mistificare il volgo, col dargli per fior di dottrina un incerto barlume della nostra fantasia su quelle verità, che noi non siam peranco riesciti a farci svelare dalla natura con insistenti e sensate sperienze. Quando la scienza dichiara spiegato un fenomeno, avvegnacchè il faccia con una frase insignificante, distoglie gli studiosi dal volgervi le loro meditazioni e le loro indagini, e quindi ritarda per quella parte il progresso del sapere. Lo spirito vitale, il fluido biotico, le forze vitali, o comunque altrimenti si chiami quel consenso di forze, di condizioni o di proprietà, per cui si mantiene la vita negli esseri organizzati, enuncia nulla più d'un' incognita; ma implicitamente esprime una negazione, la quale potrebbe essere mostrata falsa od inesatta dagli ulteriori incrementi delle scienze sperimentali, in ciò che vuolsi le forze fisico-chimiche della natura inorganica risultino fondamentalmente modificate dalla organizzazione, e subordinate ad un altro genere di forze essenzialmente da esse differenti. E quest'ultimo supposto, pare a noi, inchiuda un assurdo. Una cosa non può modificare le proprietà di un'altra cosa, se la prima non ha con questa delle intime analogie. Se un pianeta è perturbato nel suo cammino attorno il sole da altro pianeta che ad esso si accosta o da esso si allontana, egli è perchè entrambi operano egualmente l'uno su l'altro, e nell' identico modo che il sole opera su amendue e che essi reagiscono su di lui, cioè tutti questi corpi

gravitano mutuamente gli uni verso gli altri colla medesima legge. Se una corrente elettrica modifica un ago calamitato e per converso una magnele agisce su d'un corpo percorso da una corrente elettrica, ciò accade perchè le forze elettriche e le forze magnetiche hanno tra loro stretto legame. E qui si avverta, che queste reciproche modificazioni delle forze insidenti in diversi corpi non devonsi raffrontare alle reciproche modificazioni nelle proprietà di due o più corpi, lorchè si uniscano tra loro, come interviene nelle azioni chimiche. Quando il solfo s'unisce al mercurio e produce il cinabro, questo ci presenta proprietà tutto affatto diverse da quelle de' due corpi che lo produssero: ma non è però da credersi che il solfo abbia alterate nel mercurio le sue proprietà o reciprocamente, perocchè, decomponendo il cinabro s'ottengono ancora solfo e mercurio, ciascuno colle sue proprietà caratteristiche. Le proprietà speciali del cinabro provengono dall'unione del solfo col mercurio sotto una determinata proporzione in peso, e cessano tosto che più non sussista una siffatta unione. Dunque le cose eterogenee non si possono modificare tra loro. Epperò se le forze operanti ne' corpi viventi modificano le forze fisico-chimiche, si dovrebbe anzi indurne questi due ordini di forze aver tra loro delle intime relazioni.

Ben è vero che i medici hanno da trattare i più ardui e complicati problemi della scienza: ma ciò non pertanto essi non devono dilungarsi dal retto sentiero della logica induttiva e sperimentale. Le malattie o le perturbazioni delle funzioni organiche, per essere intese davvero, richiedono si conoscano dapprima le leggi delle medesime funzioni nello stato normale di salute, e queste non saranno a sufficienza chiarite, se non quando si avranno esatte nozioni su le proprietà chimiche e fisiche dei corpi organici. Nell'interno de' corpi viventi, ove tanti corpi eterogenei si trovano a reciproco contatto o separati da mem-

brane porose, non ponno a meno di effettuarsi diverse azioni molecolari, elettriche, termiche e chimiche. Basti osservare in un animale a respirazione polmonare quanta attività chimica e fisica dispieghi l'ossigeno atmosferico travolto dal torrente sanguigno. L'educazione del medico è la più difficile a compiersi. Questa incominciar dovrebbe col formargli l'abito ai rigorosi raziocini della matematica; indi penetrarlo per bene dello spirito e dei metodi della filosofia sperimentale, mercè uno studio non superficiale della meccanica, dell'astronomia, della fisica e della chimica minerale; e per ultimo largamente addottrinarlo nella notomia e nella chimica comparata de' vegetabili e degli animali. Allora potrà condursi con sicuro profitto lo studio speciale dell'umano organismo e de' suoi fenomeni. E benchè analogo al qui indicato sia l'ordine degli studi pei quali passa anche oggidì il medico prima di esser laureato, bisogna però credere che troppo leggermente da esso si tocchino le scienze preparatorie, giacchè non ne esce abbastanza penetrato dalle massime del metodo induttivo, ammonito delle tendenze e dei limiti inerenti alle indagini sperimentali, e reso circospetto dalle tante vie, per le quali l'errore può insinuarsi inavvertito nel campo della scienza. E perciò vediamo tuttodì trovarsi specialmente nella classe dei medici alcuni ostinati propugnatori delle più incerte ed oscure dottrine del mesmerismo, dell'omeopatia, del magnetismo animale, del fluido *Od*, e dei tavoli giranti e fatidici. È questa un'indubbia prova d'un profondo vizio nella loro educazione scientifica: dappoichè non si mostrano convinti esservi un certo ordine di quistioni che la scienza positiva deve lasciare in disparte, siccome insolubili per l'umana mente. Tali sono tutte le ricerche intorno all'intima essenza della materia e delle forze, per le quali già da molti secoli s'è indarno logorato l'ingegno di tanti filosofi e di tanti natu-

ralisti. La scienza non può altro farci conoscere che i rapporti sussistenti fra le diverse proprietà dei corpi, senza mai isvelarci le intime cagioni di ciascuna di tali proprietà. E infatti chi sa dirci le cause prime della estensione, della gravitazione, della attrazione molecolare, della affinità, e delle attrazioni e ripulsioni elettriche e magnetiche? La scienza non fa che descrivere con esattezza i fenomeni, notando le condizioni necessarie di ciascheduno, e le relazioni di successione e di grandezza che tra essi sussistono: e sono queste relazioni, dette leggi dei fenomeni, che formano l'ultimo scopo della scienza. Oltre questo confine non possiamo estenderci che colla poesia o colla fede.

Abbiain detto che la chimica organica è chiamata, meglio d'ogn'altro ramo delle scienze sperimentali, ad irradiare una luce vivissima sui difficili studi della fisiologia e della patologia. Eppure la chimica organica può dirsi una scienza appena abbozzata. Son pochi anni che essa s'appigliò a metodi precisi e rigorosi per conoscere, non soltanto la composizione elementare de' numerosissimi prodotti de' corpi organizzati, ma altresì il peculiar modo d'aggruppamento delle molecole elementari in ciascun composto. E quest'ultima è la parte più ardua ed insieme più utile di tal scienza, perocchè, ove si guardasse soltanto alle proporzioni in peso dei componenti, sarebbervi moltissimi corpi che potrebbber dirsi chimicamente identici, valga ad esempio la numerosa famiglia dei carburi d'idrogeno; mentre poi studiandone accuratamente la costituzione molecolare, si rileva che nell'un composto ciascun componente entra con un numero doppio, triplo, ecc. di molecole che in un altro composto. Ed, a servizio poi della fisiologia, la chimica organica si prefigge di spiegare a quali mutazioni soggiacciono le sostanze alimentari per convertirsi in sangue, ed a quali trasformazioni vadan poi

soggetti i principj del sangue per diventare parti componenti degli organi. Pur nondimeno la chimica organica, sotto quest'ultimo riguardo, è di già pervenuta a segnalare sì intimi ed evidenti rapporti fra gli alimenti ed i componenti del nostro organismo, da poterci dettare dei facili e sicuri precetti igienici. Benchè la vera costituzione del sangue ci sia nota solo da jeri, pur già sappiamo in quali alimenti trovisi, a così esprimerci, bell' e preparato il sangue, oppure con quali misture de' cibi ce lo possiamo convenientemente apprestare; e nel sangue troviamo quasi tutti predisposti gli elementi rinnovatori d'ogni tessuto organico.

Non sono molti anni che ancor si credeva, come dagli antichi, che nello stomaco e nelle viscere degli animali si compissero così energiche e svariate reazioni chimiche, da alterare e trasformare essenzialmente le materie alimentari, per modo da produrre gran numero di composti novelli; e dubitavasi persino che vi si potessero ingenerare alcuni corpi elementari, come il ferro, il fosforo, ecc., senza toglierli dall'esterno. Oggidì invece la chimica c' insegna doversi assegnare ben più modesti uffici al sistema digerente degli animali. Esso si limita a separare dalla miscela delle sostanze ingerite pel canale alimentare certi composti organici e minerali che servono, od alla respirazione, od all'assimilazione operata dal sangue, e tutt' al più può disdoppiare alcuni composti per ridurli sott' altra forma d'aggruppamento più convenevole alle predette funzioni. I principj essenziali del sangue sono contenuti belli e formati nelle sostanze vegetali che servono di alimento agli animali erbivori, oppur nelle carni delle quali si nutrono i carnivori. L'incremento dell'animale è subordinato alla ingestione di certe sostanze identiche ai principj essenziali del proprio sangue: le forze chimiche in esso costituiscono il sangue solo in

quanto alla forma, e non varrebbero a produrlo col mezzo di corpi che non ne racchiudessero di già i principj componenti. Però anch'esse ponno determinare, mercè siffatti principj del sangue, la formazione di molt'altri corpi diversi e caratteristici degli animali. Ma sempre il punto di partenza di questa serie di corpi sta nella chimica elaborazione dei vegetali.

Le diverse materie alimentari sono distinte dai chimici in respiratorie e plastiche, secondo che servono a mantenere la respirazione ed il calore negli animali, oppure a nutrirli ed a farli crescere. Sono respiratorie le sostanze che non contengono azoto, come le fecole, le materie grasse od oleose, gli zuccheri, le gomme, il vino, l'acquavite, la birra, ecc. Gli alimenti plastici sono quei pochi principj organici che contengono azoto e che son detti albuminoidi, perchè hanno una costituzione analoga all'albumine delle uova: tali sono l'albumina, la fibrina e la caseina nei vegetabili, contenute specialmente nei semi dei cercali e delle leguminose e nelle foglie e parti verde delle piante erbacee; e tali sono la carne ed il sangue degli animali. Per sostenere la vita è necessario che un animale prenda dell'una e dell'altra sorte di questi principj secondo una certa proporzione. Quanto all'uomo, si può credere che nel latte della madre si trovi accennata la più congrua proporzione di tali principj; ed è di quattro parti di materie non azotate o respiratorie sopra una parte di materie azotate o plastiche. Ora nella farina di frumento si ha una composizione poco differente, cioè di 46 parti respiratorie sopra 10 parti plastiche. Nei pomi di terra e nel riso invece soverchiano di molto le parti non azotate, nella proporzione di 10 a 12 sopra una parte di sostanze azotate: ma per opposto nei fagioli, nelle fave, nelle lenti e nei piselli, abbondano le materie plastiche, nel rapporto di una sopra due parti circa dei prin-

cipj respiratorj. Poco differente da quest'ultima costituzione dei legumi è quella della carne di bue, la quale contiene molto minor quantità di principj plastici della carne di vitello, ed invece ne è sensibilmente più ricca della carne di majale. È facile intendere come, mescolando opportunamente tra loro i nominati alimenti, si possa ottenere un nutrimento analogo a quello del latte o del pane di frumento. Il burro, il caccio, il lardo, il latte di vacca, servono ad accrescere la proporzione delle materie plastiche negli alimenti che ne scarseggiano. All'opposto le bevande alcooliche giovano ad aumentare la proporzione delle materie respiratorie per chi si nutre specialmente di carni, di legumi e di pane. Da ciò emerge esser fondato sopra una legge naturale l'istinto che guida l'uomo nella scelta e nella mescolanza de'suoi alimenti. La conoscenza di questa legge naturale eleva l'uomo al disopra dei bruti anche per rispetto alla funzione della nutrizione ch'egli ha comune con essi. E quindi uno de' più alti ed utili propositi della chimica organica quello di darci una piena consapevolezza di tal legge, di spiegarci perchè l'uomo e gli animali abbisognino, per la conservazione della vita, di così fatta miscela nelle sostanze alimentari, e di farci conoscere le influenze degli esercizi corporei ed intellettuali, dei climi, delle stagioni e delle disposizioni del corpo sul mutare la proporzione di tale mescolanza. Così la scienza ci mostra l'ufficio delle sostanze alimentari anche in una persona adulta, per la quale dal principio alla fine dell'anno non aumenta sensibilmente il peso del corpo, nè si mutano i rapporti e la composizione dei tessuti costituenti il suo organismo. I cibi e le bevande da essa ingerite nel corso dell'anno servono a produrre una certa quantità di forza meccanica che determina il moto del sangue, degli umori e delle membra del suo corpo, e servono altresì a produrre nell'uomo una certa

somma di effetti che si manifestano coll'attività dei sensi e dell'intelligenza. Nello stato di astinenza la sostanza dei diversi organi del corpo umano decresce ad ogni istante, ed in ciascun organo questa diminuzione è proporzionata al lavoro da esso effettuato nel medesimo tempo: gli alimenti devono perciò non soltanto ristabilire l'equilibrio, ma ancora accrescere nell'organismo l'attitudine a dispiegare nuove forze. Ond'è, che nello stato di riposo l'uomo e gli animali abbisognano di minor copia di nutrimento che nello stato di moto e di fatica; e che la qualità degli alimenti da loro consumati ogni giorno ha molta influenza sul mantenere in essi la facoltà di eseguire all'indomani lo stesso lavoro, ossia di produrre per mezzo del sistema nervoso i medesimi atti del dì precedente.

Dacchè le parti plastiche degli alimenti costituiscono le prime condizioni della produzione dei moti organici, dei movimenti volontari e d'ogni operosità dei sensi e della mente, non sembrerà più strana l'asserzione, che la misura della quantità di lavoro, che un uomo può compiere ogni giorno, è data dalla quantità delle parti plastiche da esso consumate, e fornitegli specialmente dal pane, dai legumi e dalla carne. L'intensità e la durata degli effetti che si possono produrre dai muscoli, dai sensi e dal cervello sono proporzionati alla massa dei tessuti costituenti i diversi organi: epperò gli effetti meccanici sono in ragione della massa muscolare, mentre il lavoro della mente è in relazione colla massa cerebrale. Col decrescere della sostanza dei muscoli e dei nervi impiegata alla produzione della forza, il corpo va perdendo nella facoltà di produrre altra forza; e per opposto il corpo riacquista ed anzi aumenta questa facoltà mano mano che le parti organizzate si riparano e si rinnovellano per opera della nutrizione. E ciò accade quando la persona, in seguito ad un'alimentazione adeguata alla massa del suo organismo,

si trova in istato di riposo o di senno, poichè allora le parti plastiche del suo sangue si organizzano per ogni dove in tessuti simili a quelli consumati. Pertanto la potenza di lavoro di un uomo, come in generale d'ogni animale, è proporzionata all'eccesso di nutrimento che accresce il peso del suo organismo nello stato di riposo. La qual conchiusione non è senza importanza anche per la morale pubblica. La proporzione degli alimenti plastici necessari ogni giorno all'uomo che lavora non può esser minore della proporzione preparata dalla stessa natura nel latte di donna per lo sviluppo e l'incremento d'ogni parte dell'umano organismo, cioè ogni quattro parti di materie organiche non azotate devesi trovare negli alimenti una parte di sostanze azotate. Quindi per ogni individuo che deve eseguire una data quantità di lavoro compatibile colla sua organizzazione, converrà aggiungere alla sua razione di pane una certa quantità di carne: che se esso dovrà compiere un lavoro superiore al valor medio della sua energia, gli abbisognerà una quantità ancor maggiore di sostanze plastiche. Dietro ciò si comprende la trista influenza di un troppo scarso nutrimento su lo sviluppo e l'incremento organico di quei giovanetti che la miseria costringe a sopportare delle fatiche eccessive per le condizioni del loro organismo: dovendo consumare in un lavoro esterno le scarse forze preparate nel loro corpo dagli alimenti, questi sgraziati non trovano, anzi non possono trovare, di che ripararle, perchè i loro organi affievoliti valgono solo a compiere la digestione d'una limitata quantità di nutrimento.

II.

Ma l'organismo animale non va soltanto considerato come un apparecchio produttore di forze e di atti vitali; esso va altresì riguardato come un apparato che origina

una gran quantità di calore. Però, a compiere quest'altra funzione della vita animale, valgono le parti non azotate degli alimenti, come l'amido, lo zucchero ed il grasso. Queste materie, avendo maggior tendenza a combinarsi coll'ossigeno che non l'abbiano le parti azotate, vengono nell'atto della respirazione ad unirsi coll'ossigeno atmosferico condensatosi nel sangue, transitante pei polmoni, e quindi producono quel calore che serve a mantenere inalterata la temperatura propria d'ogni animale a sangue caldo, non ostante le variazioni nella temperie dell'atmosfera.

Ormai nessuno più ignora come il torrente sanguigno, spinto dalle alterne contrazioni ed espansioni delle cavità del cuore a passare per la rete capillare che tappezza le cellule dei polmoni, quivi subisca una notevole modificazione: imperciocchè da sangue venoso di colore rosso bruno che era all'entrare nel polmone, ne esce sangue arterioso di color vermiglio. E in pari tempo subisce una importante mutazione l'aria atmosferica che viene successivamente inspirata ed espirata dai polmoni. Mentre l'aria che si precipita entro le cellule dei polmoni, nell'atto ch'esse si dilatano, contiene circa 21 parti (più esattamente 20,9) di ossigeno per ogni 100 parti in volume di aria, l'aria che ne è sospinta fuori, lorchè si contraggono, non contien più che da quindici a sedici volumi d'ossigeno, trovandosi in sua vece, da cinque a quattro volumi di acido carbonico. Laonde, passando pei polmoni, il sangue si spoglia di una certa quantità del gas acido carbonico che tiene condensato, ed assorbe in cambio quasi un equivalente volume di ossigeno. Però la combinazione dell'ossigeno aereo col carbonio delle parti non azotate del sangue, e quindi lo svolgimento del calore conseguente a tale combinazione, non succede propriamente ne' polmoni, ma piuttosto nei rami capillari delle arterie. Inoltre non tutto l'ossigeno assorbito viene espirato in combinazione

col carbonio, poichè una parte di esso si unisce all'idrogeno dei medesimi principj non azotati del sangue, producendo dell'acqua, ma anche per tale unione chimica si ingenera del calore. Il rapporto fra l'ossigeno assorbito e l'acido carbonico espirato è molto variabile, e dipende specialmente dalla natura degli alimenti: in generale si esala una maggior quantità d'acido carbonico con un nutrimento vegetale che con un nutrimento animale. Così negli erbivori l'ossigeno contenuto nell'acido carbonico espirato giunge ad otto o nove decimi dell'ossigeno assorbito, mentre nei carnivori non giunge che a tre quarti circa; ossia in quest'ultimi è maggiore la parte dell'ossigeno inspirato che si combina coll'idrogeno per produr acqua. Ora, dietro le più accurate esperienze, risulta, che, se da una parte si tien conto della quantità di calore che nel corso d'un giorno si emette nell'ambiente da un dato animale a respirazione polmonare, e dall'altra si computa la quantità di calore che si produrrebbe in un apparecchio, nel quale, colla combustione ossigenica, si trasformasse del carbonio e dell'idrogeno in acido carbonico ed in acqua, consumando una quantità d'ossigeno corrispondente all'acido carbonico esalato ed all'ossigeno scomparso nell'egual tempo per la respirazione dello stesso animale, così fatte due quantità di calore prodotte effettivamente e teoricamente dalla funzione respiratoria del medesimo animale riescono tra loro sensibilmente eguali. Epperò l'origine del calore proprio degli animali detti a sangue caldo risulta a sufficienza spiegata dalla scienza chimica.

Questo risultato è di molto valore per la fisiologia. Prima delle esperienze di Andrews, e di Favre e Silberman, che ci diedero una esatta misura della quantità di calore sviluppato da un dato peso di ossigeno, sia che si combini col carbonio nella proporzione da produrre acido carbonico, sia che si unisca all'idrogeno nella quantità

voluta a generare acqua, emergeva che il calore teoricamente prodotto dalla quantità d'ossigeno consumata nell'atto respiratorio d'un animale, calcolato in base alle anteriori risultanze d'altri fisici e chimici, era sensibilmente minore di quello effettivamente emesso dal medesimo animale. E quindi alcuni fisiologi ne pigliavan argomento per asserire, che il calore animale non tanto provenisse dalle semplici azioni chimiche che si compiono nell'interno dell'organismo, in dipendenza dell'ossigeno atmosferico consumato, quanto da una certa azione vitale, da essi non definita, esercitata dal sistema nervoso sul sistema muscolare, e denominata innervazione. Laddove, a voler attenersi ai dettami del metodo positivo, innanzi di far ricorso all'accennata azione vitale, ad una misteriosa forza generatrice di calore, dovevasi prima sospettare ed indagare, se non fossero incorsi errori nei dati sperimentali, oppure se non si fossero trascurate nel computo alcune altre azioni fisico-chimiche, dipendenti dalla respirazione e dalla digestione, e promovitrici esse pure di calore. Certo che il sistema nervoso esercita anch'esso una azione nella termogenesi animale; ma sarà una azione puramente regolatrice o moderatrice dell'afflusso sanguigno nelle diverse parti dell'organismo, e della frequenza delle inspirazioni ne' polmoni, all'uopo che le azioni fisico-chimiche generatrici di calore siano commisurate, secondo le diverse circostanze, a mantenere costante in ciascun animale una determinata temperatura. Così tali azioni saranno poco attive quando l'uomo è in istato di riposo, e quando la temperatura dell'ambiente in cui vive è già per sé molto elevata, ossia poco inferiore a quella che deve in esso mantenersi, come accade nei climi caldi e nella stagione estiva. Per opposto quando l'uomo si affatica, e quando trovasi ne' paesi freddi, e nell'inverno, dovranno rendersi più attive le accennate azioni

calorifiche, onde supplire alle maggiori perdite di calore che esso farà per emissione all'esterno. Ma d'altra parte, a produrre questa maggior quantità di calore, sarà necessario che la persona consumi una maggior quantità di alimenti respiratorj. Ond'è che nelle regioni temperate, e meglio ancora nelle tropicali, è minore la quantità dei principj non azotati che si ingerisce ogni giorno cogli alimenti, in confronto di quella che si consuma dai popoli che vivono nelle regioni fredde e nelle polari, ove torna necessario l'uso delle bevande alcooliche, delle carni grasse di majale, dei pomi di terra, degli olj, ecc.

Dalle cose fin qui ricordate si fa evidente la necessità, che negli alimenti coesistano nelle volute proporzioni le materie plastiche colle respiratorie, e s'intende come la quantità e la qualità del nutrimento richiesto ogni giorno dal nostro organismo dipendono dall'ossigeno inspirato, cioè dalla forza dispiegata e dal calore emesso. Quando l'uomo consuma una quantità di alimenti maggiore di quella richiesta al mantenimento del suo organismo e della respirazione, le parti plastiche si accumulano nella forma di carne e di tessuto cellulare, e le parti non azotate si trasformano in grasso, che raccogliesi nelle cellule adipose. Imperocchè, per opera della digestione, l'amido dei cereali, dei pomi di terra e dei legumi, e lo zucchero di canna si tramutano prima in zucchero d'uva, e questo di poi si converte in grasso, quando l'organismo riceva in pari tempo dalle parti plastiche i materiali necessari alla formazione delle cellule, e quando l'ossigeno inspirato non basti a ridurre in acido carbonico ed in acqua tutto il carbonio e l'idrogeno dei detti alimenti non azotati. Però in un animale adulto ed in istato di perfetta salute non si verifica la produzione dell'adipe, poichè l'amido, lo zucchero ed il grasso servono esclusivamente alla respirazione: e quindi, allorchè cresce in esso la proporzione

del grasso, dev' esservi turbata l'armonia fra le funzioni della respirazione e quelle della nutrizione; ossia l'impinguare è piuttosto indizio di malattia che segno di salute. Così in quegli animali che ad arte si vogliono ingrassare, col tenerli in riposo e col dar loro una nutrizione eccedente il consumo, accade che il fegato s'ingombra dei principj respiratorj del sangue che durante la circolazione non subirono l'opportuna trasformazione per esser pronti alla combustione; le reni segregano un'orina resa carica e torbida da un eccesso di sostanze incombuste; ed il tubo intestinale si sovraccarica di sostanze incompletamente digerite, dalle quali si svolgono dei gas fetenti. Per opposto in quegli animali che ricevono un troppo scarso nutrimento, o che subiscono un periodo di lètargo, non solo l'adipe va dileguandosi in breve, ma ancora la sostanza dei muscoli e dei nervi vien mano mano consumata per alimentare la respirazione: e da qui il dimagrimento, e persino la morte dell'animale. Infatti negli animali morti d'inanizione si osservano i muscoli resi sottili e privi di contrattilità, e consumati in parte gli stessi principj del cervello. Appare dunque che l'ossigeno inspirato non fa alcuna scelta fra i materiali dell'organismo atti a combinarsi con esso, ma si unisce a tutti i corpi combustibili che gli si presentano innanzi: se non che le materie azotate, di più difficile trasformazione, vengono risparmiate, quando nel sangue si trovino dei principj non azotati, e specialmente del grasso e dello zucchero. Anzi il tessuto muscolare, ove sia privo di grasso, essendo il meno appropriato a fornire calore, dev'essere consumato in una quantità molto maggiore; per esempio, ad abbruciare quella medesima quantità d'ossigeno che può combinarsi con un chilogrammo di grasso, richiedonsi almeno sette chilogrammi e mezzo di fibra muscolare, laddove basterebbero allo stesso intento circa due chilo-

grammi e mezzo di amido, di zucchero o di alcool diluito. Quindi è che i popoli cacciatori devono consumare una gran quantità di carni, onde procurarsi non solo le materie plastiche necessarie all'organismo, ma ancora il carbonio e l'idrogeno indispensabili alla respirazione: dovèchè i popoli agricoli ottengono gli stessi effetti con un consumo di legumi, di cereali e di verdure d'un peso circa tre volte minore, giacchè, come si è detto, questi alimenti contengono commiste in opportuna proporzione le materie plastiche e le respiratorie. Epperò, anche per questo riguardo, l'agricoltura va riguardata quale un valido fattore d'incivilimento, poichè essa ottiene, con una data estensione di suolo, d'alimentare un massimo numero di persone.

Un uomo adulto, nelle condizioni medie di corporatura, di temperatura esterna, e di lavoro, consuma un po' più d'un chilogrammo d'ossigeno; in virtù del quale, nel corso di circa quattro giorni e un quarto, esso deve rimandar fuori dal suo corpo, coi prodotti della respirazione polmonare e della traspirazione cutanea, e colle feci ed urine, tutto il carbonio e l'idrogeno contenuto nella massa del suo sangue, la quale può ritenersi di circa 12 chilogrammi. E quindi, affinchè il suo corpo non deperisca, ei dovrà restituire nello stesso tempo al suo sangue, mercè gli alimenti, una equivalente quantità di carbonio e d'idrogeno. Laonde si comprende, come ogni giorno una parte dei materiali dei nostri organi sia eliminata per opera delle funzioni di respirazione e di secrezione, venendo essa rinnovata grazie all'assimilazione che si compie dal sangue nel medesimo tempo. Raccontasi d'un ammalato, il quale non potendo deglutire nè cibi nè bevande, nel corso d'un mese, perdette circa 50 chilogrammi del proprio peso. E questo continuo scambio di materiali fra il nostro organismo e l'atmosfera ed il suolo è man-

tenuto possibile per opera specialmente dei vegetabili, i quali sottraggono all'aria il gas acido carbonico, versatovi dalla respirazione dei diversi animali e dalle differenti combustioni che succedono alla superficie terrestre, e lo scompongono, sotto l'azione della luce solare, appropriandosene il carbonio e riversandone nell'aria l'ossigeno; per modo che da gran tempo si mantiene invariata la proporzione dell'ossigeno che entra a costituire l'atmosfera. E d'altra parte, gli stessi vegetabili tolgono al suolo per ridare agli animali i prodotti azotati della scomposizione delle loro urine e delle loro feci.

È pur rimarchevole la quantità di calore che un uomo, nelle anzidette condizioni, emette nell'atmosfera nel corso d'un anno. Poichè esso, consumando in tal tempo circa 400 chilogrammi d'ossigeno, e questo combinandosi col carbonio per circa due terzi, e pel resto coll'idrogeno, produce una quantità di calore, valevole a scaldare da zero a cento gradi circa 13 mila chilogrammi d'acqua, ossia equivalente a quella che si produrrebbe colla combustione di circa 500 chilogrammi di legna forte, alla secchezza mercantile. Siccome poi la temperatura del corpo umano si conserva la stessa (circa 37°,5) sotto qualunque clima ed in qualunque stagione, sia che la temperatura esterna superi di qualche grado la detta temperatura del corpo, come nelle regioni equatoriali durante la stagione estiva, sia che essa ne riesca anche di 60 e più gradi inferiore, come nelle regioni polari durante la stagione più fredda: così bisognerà che la quantità di ossigeno inspirato, e quindi anche la quantità di carbonio e di idrogeno fornitagli dagli alimenti, riescano proporzionali al decremento della temperatura esterna. Epperò si osserva, che nella zona glaciale, l'aria, che tende continuamente a consumare il materiale del nostro organismo, ci sollecita al moto e al lavoro, i quali ci procuran le più frequenti

inspirazioni d'ossigeno, ed il nostro ventricolo può sopportare senza molestia gran quantità di liquori alcoolici, di lardo e di olio di pesce, come fanno gli abitanti di quelle contrade. Invece nei paesi caldi l'attività dell'uomo è minore, poichè meno urgente è il bisogno di nutrimento, e la natura quivi ci presta alimenti meno carburati, come sono i frutti dei paesi meridionali, i quali allo stato di freschezza non contengono più del 12 per cento di carbonio, mentre il lardo e l'olio di pesce ne contengono dal 70 all'80 per cento. Però gli abiti, de' quali si coprono i popoli civili per rallentare l'emissione di calore dal loro corpo, diminuiscono per essi il bisogno di ingerire gran copia di alimenti combustibili; laddove que' popoli selvaggi, che s'espongono pressochè nudi al freddo delle regioni polari, offrono lo spettacolo d'una straordinaria voracità per le sostanze grasse ed alcooliche. Il raffreddamento del corpo, qualunque ne sia la causa, aumenta il bisogno di mangiare. Così lo stare all'aria aperta in una carrozza da viaggio, o sul ponte d'un battello aumenta l'appetito, perchè il corpo si raffredda, e per la rapida traspirazione, e per l'emissione del calore. Lo stesso accade a chi salga su alti e freddi monti, dove anche si fanno più rapide le inspirazioni, attesa la minor quantità d'ossigeno contenuta in quel volume d'aria che riempie i polmoni ad ogni inspirazione. Del pari accrescono l'appetito gli sforzi dell'organo della voce negli oratori e nei cantanti, e le grida ne' fanciulli.

Ma, a promuovere lo sviluppo dell'organismo d'un animale, ed a mantenere in esso la vita, non basta versar di continuo nel suo sangue una congrua miscela di sostanze plastiche (albumina, fibrina o caseina) e respiratorie (amido, zucchero o grasso), benchè somministrata nella quantità corrispondente al consumo che esso ne fa per produrre lavoro e calore, come s'è detto fin qui. Se

per molti giorni si assoggettano degli animali ad una alimentazione preparata colle anzidette sostanze, prese però in istato di perfetta purezza, ben presto essi rifiutansi d'ingoiarle, e muojono d'inanizione dopo alcun tempo. Per opposto la quotidiana esperienza ci prova che il latte, la carne ed il pane, misti tra loro, od anche presi da soli, riescon sempre appetibili, e bastano a conservare l'organismo e la vita nell'uomo e nei carnivori, e che similmente agli erbivori, e granivori bastano le erbe ed i grani, di cui ordinariamente si pascono. Convien dunque ritenere che in questi alimenti si ritrovino in acconcie proporzioni tutti i principj necessari al compimento delle funzioni di digestione, respirazione ed assimilazione. Ora il latte, la carne, il pane, i grani e le erbe non differiscono da una mischianza delle anzidette materie plastiche e respiratorie, se non perchè contengono di più anche le parti incombustibili od inorganiche del sangue.

Infatti il sangue di tutti gli animali contiene sempre una certa quantità di ossido di ferro, di cloruro di sodio (sal da cucina), e di fosfati o carbonati alcalini (di potassa e di soda) o terralcalini (di calce e di magnesia): e le stesse sostanze entrano nella composizione degli alimenti meglio nutritivi. Così le ceneri provenienti dalla combustione dei carnivori e dei granivori, si riscontrano analoghe a quelle avute dalla combustione dei semi cereali e delle leguminose; e le ceneri del sangue degli animali erbivori hanno una composizione analoga a quella delle ceneri dei pomi di terra, delle rape e delle erbe, di cui essi si nutrono di consueto. Ciascuno poi dei citati principj incombustibili del sangue serve a degli importanti uffici nelle funzioni di nutrizione. L'alcali che riesce libero nel sangue, giacchè questo presenta sempre una reazione alcalina, serve a mantenere fluidificate le parti essenziali del sangue, e specialmente ad impedire il coagulamento dell'albumina

per opera del calore; serve altresì a disciogliere gli ossidi di ferro, i quali fanno parte della materia colorante del sangue; e infine favorisce la combustione, ossia la combinazione coll'ossigeno delle sostanze organiche che volgono alla produzione del calore, o che devon subire delle trasformazioni per ridursi idonee all'assimilazione. L'acido fosforico ha pur molta importanza nell'economia animale, poichè la fibra muscolare, i tessuti del polmone, del fegato e dei reni, il sangue, il chilo e la linfa, contengono dei fosfati alcalini; le ossa son formate per oltre la metà del loro peso da fosfati terrosi, e la sostanza dei nervi e del cervello richiude acido fosforico unito ad una materia grassa. Però negli animali erbivori l'acido fosforico viene in parte surrogato dall'acido carbonico, cioè nel loro sangue si trovano, oltre i fosfati, anche dei carbonati alcalini in non poca quantità, i quali vi esercitano le stesse influenze dei fosfati. Quindi anche nell'uomo, col mutare del regime di vitto, mutano le parti incombustibili del sangue. S'ei s'alimenta soltanto con pane e carne, le cui ceneri non contengono carbonati, il suo sangue non conterrà che fosfati. Se a questi alimenti aggiunge pomi di terra o legumi verdi, il sangue conterrà una certa quantità di carbonati. Infine, s'ei nutresi parimenti di frutti, radici e verdure, il sangue umano acquisterà la composizione del sangue di bue o di montone. Insomma gli elementi incombustibili contenuti nel sangue provengono direttamente da quelli che trovansi negli alimenti. E siccome poi nell'animale adulto e sano, il peso del corpo non varia, così dovrà ogni dì eliminarsi dal suo organismo una quantità di principj incombustibili eguale a quella contenuta negli alimenti ingeriti. Questa eliminazione si compie per opera dei reni e del tubo intestinale. I reni secernono dal sangue l'acqua e le parti incombustibili che sono solubili (sali alcalini ed urea); mentre pel tubo intestinale si emettono

le materie insolubili (sali terrosi) e le sostanze incompiutamente digerite o mal combuste. È pur facile a comprendere che la composizione dell'urina e delle feci varierà sensibilmente dagli erbivori ai carnivori, e nell'uomo varierà secondo il regime alimentare. I caratteri acidi, alcalini o neutri dell'orina degli animali, ossia la presenza in essa dell'acido fosforico, dell'acido urico, e dei fosfati e carbonati alcalini, dipende unicamente dalla natura delle ceneri degli alimenti. L'orina umana, ordinariamente acida col consueto regime di pane, carne e legumi, si fa neutra ed anche alcalina, qualora vi si aggiungano crescenti proporzioni di frutti maturi, di radici, di pomi di terra e di verdure. Si può dunque desumere la composizione del sangue mercè alcuni saggi chimici sull'orina. Da ciò si rileva come il medico istrutto in queste dottrine, prescrivendo un'opportuna scelta negli alimenti, e coll'uso delle diverse acque minerali, del siero, del latte, ecc., possa trovar rimedio a molte malattie, che derivano da una perturbazione nelle funzioni nutritive; perocchè sta in sua facoltà di variare la costituzione del sangue, e quindi anche la natura delle secrezioni che si effettuano dai diversi organi.

D'altra parte, si è veduto di sopra, che gli alimenti devono variare anche a seconda dei climi e delle stagioni per rispetto specialmente alle parti respiratorie, la quantità delle quali vuolsi menomare col crescere della temperatura esterna. Ond'è, che ne' nostri climi temperati vediamo predominare nell'inverno le malattie polmonari, provocate da eccesso dell'ossigeno inspirato a fronte delle parti combustibili del sangue; laddove nell'estate sono più frequenti le malattie di fegato, prodotte da eccesso di materie combustibili e specialmente di carbonio. Le persone, i cui organi digerenti sono indeboliti, trovano un sollievo passando nei climi caldi, perchè ivi i loro organi ponno aver bastevole vigoria a digerire quella minor

copia d'alimenti che s'addice alla minor proporzione d'ossigeno inspirata. Molte malattie croniche provengono da un turbamento nei rapporti fra le funzioni degli organi digerenti e di secrezione, e quelle dei polmoni. In somma la chimica organica può fornire alla medicina dei sicuri dati per risolvere diverse quistioni che altrimenti rimarrebbero sempre nel vago e nel congetturale. Alcuni sperimenti comparativi sul sangue e sull'urina possono esibire al medico de' preziosi indizi per determinare le alterazioni del sangue, e valutare l'influenza di queste su le più importanti funzioni vitali.

Un altro principio costitutivo del sangue è il sal marino. Esso forma da 5 a 6 decimi del peso totale delle ceneri del sangue dell'uomo e degli erbivori; ed è evidente che esso non può derivare che dagli alimenti. Però le ceneri dei vegetabili di cui si nutrono giornalmente gli animali erbivori, del pari che quelle delle loro orine, contengono una proporzione di salmarino circa dieci volte minore di quella contenuta nel loro sangue. Quindi i vasi sanguigni esercitar devono un'azione speciae, per cui tendono a conservare nel sangue una proporzione sensibilmente costante di sal marino, quantunque esso non entri a far parte dei tessuti organici. Il sal marino (cloruro di sodio) serve alla produzione dell'acido cloridrico, al quale il sugo gastrico deve gran parte della sua efficacia nella digestione. Nell'acqua leggermente acidulata con acido cloridrico si sciolgono prestamente la fibrina animale ed il glutine dei cereali, sotto una temperatura corrispondente a quella del corpo degli animali a sangue caldo. Inoltre il sal marino esercita una speciale influenza sulla trasformazione delle sostanze amilacee in zucchero d'uva; ond'è che l'istinto stesso ci fa aggiungere una notevole quantità di sale agli alimenti che contengono molta fecola, per esempio ai pomi di terra ed ai rafani.

Di più il sal marino comunica al sangue una proprietà fisica molto importante per le funzioni di assorbimento e di secrezione. È noto che l'acqua pure viene assorbita dall'acqua salata contenuta in una membrana animale (fenomeno conosciuto sotto il nome d'endosmosi), e che quest'assorbimento vien accresciuto quando all'acqua salata s'aggiunga un alcali libero, oppure un carbonato od un fosfato alcalino, e più ancora quando l'acqua esterna venga leggermente acidulata, ed ancor meglio quando uno dei liquidi sia in istato di continuo movimento. Ora, nell'atto fondamentale della digestione, si riuniscono tutte queste condizioni favorevoli all'assorbimento. La soluzione degli alimenti che si forma nello stomaco per opera delle bevande, della saliva e del sugo gastrico (dai fisiologi chiamata chimo) riesce acida; l'apparecchio digerente è circondato da una rete finissima di vasi entro cui movesi celeremente il sangue, e questo contiene del sale ed anche dell'alcali. Dunque la parte liquida del chimo sarà facilmente assorbita dal sangue: ma essa ne è tosto separata per opera dei reni, e versata nella vescica urinaria; per modo che il sangue mantensi sempre al medesimo grado di concentrazione. Dietro ciò, riesce facile l'intendere i diversi effetti dell'acqua più o men satura di sale. Quando essa contiene una proporzione di sale molto minore di quella contenuta nel sangue, com'è l'acqua comune di pozzo, viene prontamente assorbita e passata nelle orine; sicchè se ne ponno bere parecchi bicchieri a breve intervallo di tempo l'un dall'altro, e specialmente a digiuno, senza provare niun altro disturbo che quello d'una frequente e copiosa emissione d'orina. Quando invece si aggiunga all'acqua di pozzo una quantità di sal marino press'a poco uguale a quella che sta nel sangue (circa un per cento), non succederà alcuna straniera evacuazione, ma non si potranno tollerare più di tre bicchieri di tal

acqua, senza provare una molesta sensazione di pienezza e di peso al ventricolo, perchè essa richiederà un tempo molto maggiore per essere assorbita. Qualora poi s'inghiottisca dell'acqua, nella quale siasi disciolta una proporzione di sale alcun po' maggiore di quella contenuta nel sangue, succede un assorbimento in senso inverso, cioè il sangue riversa nello stomaco una parte del proprio siero, e quindi l'acqua non vien più eliminata per mezzo dei reni, ma passa direttamente nel tubo intestinale: è questa un'azione analoga a quella esercitata dalle sostanze purgative. Pertanto la facoltà di assorbimento mostrata dai vasi sanguigni dipende da un fatto puramente fisico, e specialmente dalla presenza del sale nell'acqua; e varia secondo la quantità del sale contenuto nel liquido ingerito nello stomaco. Ed è pur semplicemente fisica l'azione spiegata dai purganti salini, i quali, al pari dell'acqua molto salata, producono endosmosi dal sangue verso lo stomaco e gl'intestini tenui. Il sal marino esercita poi altri uffici. Il sale preso dalla madre durante l'allattamento rende il latte più copioso e più nutriente, e quindi il bambino si fa meglio robusto. La carne degli animali erbivori e granivori che ingeriscono molto sale è più saporosa, meglio nutriente e di più facile digestione, che la carne degli animali carnivori, i quali non ricevono sale nei loro alimenti. Il sale accelera lo sviluppo dei montoni e ne rende più fina la lana. L'aggiunta del sale al foraggio somministrato alle bestie bovine, quando sono obbligate a star ferme nella stalla per ingrassarsi, giova a mantener in esse la vivacità ed il bell'aspetto, servendo a neutralizzare nel loro organismo le condizioni sfavorevoli al regolare compimento delle funzioni di nutrizione dipendenti dallo stato anormale in cui allora sono tenute.

SULL' ORIGINE DELLE MONTAGNE E DEI VULCANI (*)

I.

Qualora la filosofia, scendendo dalle eteree e sconfinite regioni dell'essere ideale, si volgesse ai più saldi e definiti campi della natura sensibile, potrebbe ancor levarsi, adorna di novella luce, a quella dignità che un tempo essa teneva infra l'altre scienze. E quest'è il proposito di quelle moderne scuole, che tentano instaurare la filosofia dietro gli stessi metodi analitico-induttivi, seguiti già con tanto frutto nelle scienze fisico-matematiche e nelle naturali. Secondo questi sistemi, le scienze più elevate e più complesse dell'albero enciclopedico, come sono la fisiologia e l'antropologia, devono ritrarre dalle scienze più elementari non solo il metodo, ma ancora i principii di fatto. Ond'è che tali sistemi s'intitolarono di filosofia positiva, o meglio di filosofia naturale. E questi già, alla lor volta, giovarono alle scienze sperimentali, accennando loro nuove vie e nuovi mezzi d'investigazione.

Ed ecco perchè noi apprezziamo altamente il libro qui sopra annunziato, e vogliamo innanzitutto giudicarlo come uno splendido saggio di naturale filosofia. Alcuni fenomeni fisico-chimici vi sono mirabilmente illustrati in servizio

(*) A proposito dell'opera del D.^r Paolo Gorini avente codesto titolo, *Dal Crepuscolo* N. 22. 23 e 24 An. II. (Giugno 1831).

de' più ardui problemi di geologia; da qui si traggono utili ed imprevisi argomenti per isvolgere molte quistioni di fisiologia vegetale ed animale, e finalmente da queste balza fuori una vivida luce a snobbare parecchie controverse di antropologia. E quand'anco non possiamo, come appresso si dirà, convenire coll'autore su diversi punti di acienza, dobbiamo però fin d'ora dichiarare che ci sentiamo con lui pienamente in accordo quanto al metodo ed alla tendenza de'suoi studii, e che stimiamo il suo lavoro dover essere appo i dotti fecondo incitamento a nuove ricerche.

Alcune singolari proprietà offerte dai liquidi in cui stiano disciolti dei gas, segnatamente nell'atto che si consolidano per menomato calore o per contatto d'altri solidi, formano la precipua base di questi studii. Tali proprietà, dianzi poco curate dai fisici, sono analizzate dal Gorini con diligenza e sagacia veramente mirabile, mostrando anche il loro intervento in molti fatti naturali; e perciò il suo libro, ove pur altro non fosse, meriterebbesi un ponderato esame dei dotti.

Era già stato avvertito da Fournet e da altri chimici, che l'argento, quando sia puro e liquefatto entro crogiuolo in massa considerevole, può assorbire e disciogliere entro di sè sino a ventidue volte il proprio volume d'ossigeno, e che in tale stato, posto a raffreddare, presenta curiosi fenomeni. Allorchè comincia a consolidarsi presso le pareti del crogiuolo, la parte centrale della sua superficie si rigonfia irregolarmente, si fende, e sgorgano dalle protuberanze già rassodate parecchi rigagnoli d'argento ancor liquido. E poco stante da diversi punti insorgono correnti di gas, che trascinan seco il fuso metallo a formare certi coni terminanti in cratere, i quali vanno gradatamente innalzandosi per il sovrapporsi degli straterelli ancor liquidi eruttati dall'interno. Infine alcuni di questi coni

si chiudono completamente al loro vertice, mentre altri, tuttavia aperti e più elevati, col ristretto loro canale centrale vanno rallentando l'efflusso del liquido e del gas, sino a che lanciano, soltanto tratto tratto, qualche globicino metallico.

Era pur noto che quando l'acqua, contenuta in un vaso esposto repentinamente ad intenso freddo, venga a congelarsi, aumentando di volume per l'interno svolgersi di copiose bollicine, che le tolgono la trasparenza, segnatamente quand'essa non sia stata dapprima spogliata d'aria colla ebullizione, o spezza le pareti del vaso, oppure, se queste vi resistono, solleva ad irregolari prominenze la propria superficie, sospingendo notabilmente di basso in su que' corpi che per avventura vi si trovassero immersi (*). Che se l'acqua viene a congelarsi per lenta diminuzione di temperatura, formansi dapprima dei sottili cristalli in contatto colle pareti del vaso, i quali gradatamente si allungano, si moltiplicano e si ramificano, sino ad intrecciarsi gli uni cogli altri attraverso l'intera massa del liquido, segregandola come in tante piccole celle, nell'interno delle quali l'acqua rimane per qualche tempo ancor fluida: e poi, con un processo analogo, va pur questa solidificandosi a guisa d'una rete, ognor più fitta, che involge ne' proprii meati le bollicine d'aria sviluppantisi lungo la superficie di contatto de' cristalli già formati colle parti ancor liquide.

Ora il Gorini trovò molt'altri corpi, fusibili a temperature ben inferiori a quella dell'argento, i quali, nel passare dallo stato liquido al solido, presentano ancor più di esso distinti i fenomeni delle prominenze; e in pari tempo seguono un processo d'interna solidificazione ana-

(*) A pag. 41 degli *Annali delle Scienze*, ecc. del 1836 si trova un interessante memoria del Fusinieri: *sui fenomeni di espansione nell'interno del ghiaccio per lo sviluppo d'aria allo stato gassoso*.

logo a quello dell'acqua, ma assai più lento. E quantunque egli abbia voluto tener segreta la peculiare composizione dei liquidi dotati di sì rimarchevoli proprietà, pure, dalle minuziose descrizioni ch'egli ne dà, si può inferire, che uno sperimentatore tanto diligente e coscienzioso non vorrà menomamente abusare della pubblica fiducia proccacciatalgli dai suoi talenti e dai suoi studii.

Ma la parte caratteristica e più ardità di questo libro sta nel far servire quelle proprietà fisiche de' liquidi espansivi alla spiegazione di tutte le circostanze che sembrano aver determinata ed accompagnata la formazione delle montagne, le quali rendono scabra la crosta del globo, in egual modo che le accennate prominente dell'argento e dell'acqua ne disformano la superficie. Benchè ad altri fosse balenato nella mente questo pensiero, nessuno mostrò d'insistervi più d'un istante: nessuno s'adoperò, come il Gorini, ad apprestarne le conferme di fatto; nessuno neppure sospettò un sì nuovo e vasto campo di dimostrazioni sperimentali a pro' della geologia. Nell'atto della consolidazione de' suoi liquidi preparati, il Gorini vide sorgere alcuni piccoli monti artificiali, conformati e raggruppati tra di loro con un ordine al tutto simile a quello che ci offrono le montagne naturali. E variando opportunamente la forma del vase, e la quantità o natura del liquido, giunse a riprodurre i diversi accidenti di figura e di costituzione che riscontransi ne' differenti sistemi o catene di monti, e nelle loro secondarie diramazioni.

In questi esperimenti gli straterelli liquidi, che in modo continuo e regolare si riversano dalle aperture delle prominente, aumentandone proporzionatamente la base e l'altezza, sono una conseguenza della espansione suscitata nel liquido del gas che si svolge durante la graduale e lenta sua consolidazione. Similmente il Gorini attribuisce la formazione delle montagne, costituite da rocce dette emer-

sorie o plutoniche, alla espansione prodotta nell'interno della massa liquida costituente il globo terrestre dei gas, già in essa disciolti, e che si svolsero nell'atto ch'essa andava solidificandosi. Pertanto l'emersione d'una catena di monti non sarebbe compita d'un tratto, come suppongono il Beaumont e tant'altri geologi, ma avrebbe impiegato tutto il tempo necessario al consolidarsi della massa liquida da cui essa fu generata, il qual tempo cresce a dismisura coll'aumentare delle masse.

Così, mediante deboli forze, ma operose in ogni parte della massa e per tempo lunghissimo, sarebbersi formati alla superficie terrestre quegli enormi ammassi di rocce emersorie, al sollevamento delle quali per repentino impeto altri deve supporre forze prementì oltremodo gagliarde, capaci di spezzare la crosta solida, e di farne erumpere la materia interna ancora fusa; la quale poi, appunto perchè tutta liquida, avrebbe dovuto tendere a spianarsi ed arrotondarsi per azione di gravità, anzichè a foggjarsi in cumuli salienti ed angolosi. E così avrebbe il Gorini trovato come un temperamento fra le due ipotesi del Laplace e del Poisson sulla solidificazione del globo; poichè dapprincipio i moti idrostatici dovevano continuamente rimescolare i varii strati di quella massa liquida, sino a che tutta avesse raggiunta la temperatura corrispondente alla propria consolidazione: e allora soltanto dovevano cominciare a formarsi i primi cristalli, i quali mano mano andavano distendendosi ed intrecciandosi, potevano dar luogo allo sviluppo di quei gas, che dovevano alla lor volta, suscitare ed alimentare l'espansione delle parti liquide, tuttavia circolanti lunghe i canali ed i meati d'un siffatto tessuto di cristalli.

Ma noi avremmo desiderato di veder meglio appoggiata tale asserzione, che ci sembra fondamentale per questo nuovo sistema, che l'altezza delle prominente in

simil modo prodotte alla superficie di un liquido espansivo, in atto di consolidarsi, si debba in ogni caso ritenere proporzionata alla massa del liquido stesso. Ed invero potrebbe dubitare che tutta la materia costituente, ad esempio, una delle più eccelse vette dell'Immalaja abbia potuto sgorgare per l'anzidetto meccanismo da un solo canale cilindrico, corrispondente al suo asse verticale. Perciò la sfera d'azione d'oggi apertura formatasi nella crosta terrestre, rispetto al liquido interno, dovrebbe pur essere limitata, massime avuto riguardo alle tante interruzioni in esso portate dalla sovraddetta rete dei cristalli solidi: e quindi, in luogo di aumentare l'altezza di alcune rare prominenze, doveva la quantità del liquido interno provocare invece un aumento nel numero delle aperture e delle conseguenti prominenze sulla superficie del globo.

Nondimeno codesto meccanismo di lenta emersione delle montagne per espansione dei gas disciolti nella primitiva massa liquida, ci sembra molto più semplice e razionale di quello ideato dal Beaumont, il quale non solo presuppone il sollevamento istantaneo delle grandi catene dei monti, distribuite già da esso in venti e più sistemi differenti; ma altresì per ciascuno di questi sistemi ammetter deve un ripetuto spezzamento della interna volta solida della crosta terrestre, precipitantesi sulla sfera liquida, già da essa staccatasi pel proprio restringimento di volume, dovuto al continuo suo raffreddamento. Nel qual supposto il Beaumont contradiceva, senza sufficienti prove, alle idee del Cordier, il quale per l'opposto riteneva dover precedere il restringimento della crosta esterna, perchè più esposta all'irraggiamento calorifico verso lo spazio celeste, a fronte della interna massa liquida, la quale serbando più a lungo la iniziale temperatura, e quindi il primitivo volume, doveva tendere a squarciare i più angusti strati superficiali già rassodati, ed a traboccar fuori

per le fenditure. Vogliamo però sperare che i geologi, approfittando del nuovo punto di vista dal Gorini additato ai loro studii, richiameranno a nuova disamina le opinioni de' nominati due francesi, da essi forse troppo avventatamente abbracciate, per meglio accertarsi del valore scientifico dei principii sui quali riposano. Ma pur troppo sappiamo che i pregiudizii dei dotti non sono meno difficili a sradicarsi di quelli del volgo; perchè, se nei primi è maggiore l'intelligenza, è pur anco maggiore la boria presuntuosa ed ostinata.

Però il sistema del Gorini, quantunque possa rischiare la formazione delle rocce di trabocco, dette comunemente plutoniche, lascia un aperto campo a molte obiezioni circa la poca importanza da lui assegnata alle rocce stratificate nella storia della superficie terrestre. E specialmente non ci sembrano abbastanza soddisfacenti gli schiarimenti da lui dati sulla formazione delle rocce paleozoiche inferiori, delle metamorfiche, e in genere delle rocce di sedimento, le quali tutte contengono alcuni avanzi di esseri organizzati: posciachè questo solo fatto ci attesta che i diversi materiali, di cui sono composte, dovettero un tempo trovarsi nelle parti più elevate della superficie terrestre ed in condizioni confacenti alla vita vegetale ed animale — epperò non molto differenti dalle condizioni attuali — per poi venire trascinati dalle acque nelle parti più depresse o sommerse della superficie medesima. E qui potremmo ripetere molte delle osservazioni da noi già dette altrove, per mostrare che tutte le parti superficiali della massa terrestre devono essere state mai sempre in preda d'una continua circolazione, operantesi dall'interno all'esterno, e reciprocamente, in causa di quegli agenti che tuttodì noi riscontriamo efficaci a modificare incessantemente lo stato d'ogni corpo sulla superficie del globo: e soprattutto quelle osservazioni, da cui emerge che persino

le rocce cristalline o plutoniche, contenendo manifesti indizii di corpi organici, devono esser state dapprima involte nell'accennata circolazione.

Circa alle rocce metamorfiche, ch'ei riguarda quali diretti prodotti dell'azione del fuoco, suppone che la loro stratificazione provenga non già dal consecutivo sovrapporsi di materie precipitate da un liquido, ma bensì dal successivo sublimarsi di materie rejette fuori, per specifica leggerezza, dal seno d'una massa plutonica ancor liquida, la quale divenga più densa pel consolidarsi d'una parte dei gas in essa disciolti. E quanto al conservarsi tuttora nelle medesime rocce diversi residui di corpi organici, lo attribuisce a che esse furono preservate dal contatto dall'ossigeno, stando sommerse entro il liquido plutonico. Ma a noi sembra che il nodo della quistione, anzichè nel fatto della conservazione di quei residui, starebbe invece nel fatto della loro presenza in quelle rocce che il Gorini vorrebbe generate per sublimazione dalla massa primitivamente fusa del globo. E ancor maggiori difficoltà starebbero contro l'altro suo supposto che persino i componenti dei conglomerati siano emersi per un analogo processo di rejezione dal liquido plutonico; giacchè converrebbe prima spiegare come siansi formate le sabbie, i ciottoli e le ghiaie, evidentemente rotolate dalle acque, e come poi abbiano esse potuto arrivare in quella massa ancor fusa per elevatissimo calore. Non possiam dunque consentirgli che il numero delle rocce formatesi per semplice sedimento debba ridursi molto limitato: laddove noi inchiniamo piuttosto a credere che molte delle rocce, ritenute puramente plutoniche, siano pur esse a dirsi metamorfiche, cioè formate primitivamente per sedimento, e trasmutate poi dal calore nella loro composizione e struttura.

Era pur desiderabile che il Gorini mettesse in maggior rilievo se i differenti sistemi di montagna, che no-

tansi sulla superficie del globo, abbiano avuto, a suo credere, un contemporaneo e graduale incremento, in seguito alla prima espansione delle parti liquide, avvenuta nell' interna massa all' epoca della solidificazione dei primi cristalli; oppure se ciò siasi verificato in epoche diverse. E nel primo caso egli doveva accennarci le ragioni delle notevoli diversità de' caratteri mineralogici e paleontologici proprii delle rocce stratificate che sembrano come adagate o inclinate sui versanti delle singole catene; perciocchè non è presumibile ch' ei voglia supporle formate tutte egualmente per epurazione o sublimazione della primitiva massa fluida. E fra l'altre cose confessiamo di non aver saputo formarci un chiaro concetto della spiegazione da lui data sui massi erratici, supponendoli dapprima galleggianti sulla superficie del plutonico liquido che formò la prima crosta piana di rocce cristalline, e poi supponendoli scivolanti nelle valli, al disopra delle rocce d' epurazione, nell' atto stesso che al dissotto di quelle rocce sursero le catene dei monti. Insomma, non essendosi egli fatto carico di segnalare le influenze dell' agente nettunico e le principali sue particolarità, al pari che fatto aveva per l' agente plutonico, la storia delle successive vicende della crosta terrestre riesce nel suo libro come dintezzata e confusa, ben più che non appaja nelle comuni teorie de' moderni geologi.

II.

Ogniqua volta il fisico s' inoltra nell' analisi d' un fenomeno per determinarne le condizioni e le leggi, o, com' altri suol dire, per iscoprirne le cause, presto giunge a tal punto, ove nè la osservazione nè gli sperimenti riescono ad ulteriormente scomporre l' involuppo o le concomitanze di quel fenomeno in altre più semplici condizio-

ni. Allora non è fuor di ragione ch' ei conceda libero volo alla propria fantasia, per saggiare le più probabili dipendenze ed analogie dello stesso fenomeno con altri già studiati. Ed è appunto al cospetto di questo malcerto procedere per congetture dove meglio emerge la potenza d'ingegno e di logica d'ogni sperimentatore. Alcuno facilmente s'appaga delle più indecise rassomiglianze, ed ama presupporre l'esistenza di certi enti affatto soprasensibili, o sfuggevoli ad ogni nostro senso; altri va più cauto, e ricerca se le somiglievoli parvenze dei fenomeni raffrontati coincidano tra loro sino ne' più minuti particolari, e s'adopera ad investigare di qual peculiare combinazione od atteggiamento della materia si valga la natura per promuovere il fenomeno che si prende in esame.

Seguendo i dettami del metodo positivo, ogni fatto complesso non può altrimenti spiegarsi che diavellando l'intima sua connessione con altro fatto più semplice, il quale ci renda esplicito, per così dire, il meccanismo per cui s'effettua quel primo fenomeno. Così, ad esempio, le leggi del moto de' pianeti intorno al sole, e de' satelliti intorno a' pianeti vengono interpretate col richiamarle alle leggi del moto dei gravi cadenti alla superficie terrestre; e queste poi vengono dichiarate col rapportarle alle leggi d'attrazione delle masse, sperimentate colla bilancia di torsione: e allora la dinamica celeste, la gravità e l'attrazione formano, prese assieme, un corpo di dottrina scientifica. Ed attenendosi a queste vie, il Gorini, come già s'è accennato, ad intendere con qual meccanismo le montagne siansi formate sulla superficie del globo, si prevale dei fenomeni che accompagnano la solidificazione dei liquidi contenenti qualche gas in dissoluzione. Ora vogliansi perscrutare questi fenomeni, per sè ancor molto complessi, onde rilevarne le più essenziali condizioni, ossia i fenomeni più elementari che li determinano.

È veramente rimarchevole la somiglianza delle forme offerteci dal ramificarsi de' cristalli entro una massa d'acqua che lentamente si congedi con quelle di certe concrezioni calcari che diconsi tufi, la cui fabbrica non sapremmo meglio raffigurare che ad un intreccio di rami d'ellera, sui quali siano cresciuti quelle specie di parassite crittogame chiamate muschii. I rami cilindrici dell'edera rispondono ai primi cristalli di ghiaccio dipartitisi dalle pareti del vaso, e le minute diramazioni dei muschii ai cristallini poggianti su que' primi ed ognor distendentisi sino a riempire, dopo alcun tempo, gli scompartimenti o celle dai medesimi formate. E per certo anche quei tufi si generarono col continuo sovrapporsi e ramificarsi dei cristalli aghiformi di carbonato calcare le cui particelle stavan prima disciolte nelle acque con altro acido carbonico, e che poi vennero depositandosi ed investendo i vegetali o corpi sommersi, mano mano che una parte di quel gas si rendeva libero. Un simile processo di consolidazione, secondo le osservazioni del Gorini, avrebbe pur luogo con tutti i liquidi che danno origine a corpi di figura cristallina, e dai quali si ponno sprigionare dei gas o dei vapori. Ed a comprendere come la cristillazione progredisca per distinti intervalli di tempo, basta riflettere che i minimi cristalli, avendo dimensioni determinate, nell'atto della loro solidificazione, emetteranno una certa quantità di calore di stato, e quindi altri cristalli non potranno formarsi nel liquido circostante, sinchè il calore così trasmessogli non si sarà dissipato. Ma a promuovere la consolidazione dei detti liquidi avranno pur influenza le azioni dette di contatto, giacchè ognun sa che, quando l'acqua è mantenuta tranquilla e liquida a parecchi gradi sotto lo zero, rapidamente si consolida, ove le si getti entro qualche minuzzolo di ghiaccio o d'altro solido; in egual modo che da un sol punto d'una massa facilmente combustibile, il

quale entri in ignizione coll'ossigeno, si propaga prestamente l'incendio a tutta la massa; e come anche la fermentazione d'un liquido si irradia prontamente da quel punto in cui alcune sue particelle vengono a mutare la loro costituzione per contatto coll'ossigeno.

Il sorgere delle prominenze sulla superficie d'un liquido in atto di consolidarsi proviene, come s'è detto dalla espansione ch'esso subisce in virtù dell'elaterio proprio del gas che si svolge da quelle parti del liquido che mano mano si solidificano; in egual modo che s'aumenta il volume d'un liquido in corso di fermentazione. Appare adunque che le molecole del gas, ancorchè tenute disciolte fra le molecole di quel liquido dalla scambievole loro affinità, conservino tuttavia la propria forza elastica, per modo da riuscir questa prevalente all'affinità, allorchè il liquido assume una diversa costituzione molecolare nel farsi solido; e quindi soltanto una porzione di quel gas disciolto si rassoda insieme col liquido. E che la solubilità dei gas nei liquidi dipenda in qualche modo dall'affinità, emerge da ciò che molto disuguali sono le quantità dei diversi gas che ponno disciogliersi in un medesimo liquido, sotto eguali temperature e pressioni.

Ma poichè colla ebullizione si ottiene il totale svolgimento d'ogni gas dai liquidi, e nondimeno l'acqua distillata e bollita presenta ancora coll'agghiacciamento i fenomeni di espansione, convien dire che in essa sussista qualche altro principio capace di elaterio; epperò il Gorini suppone che ogni liquido tenga sempre in sè disciolto una certa quantità del proprio vapore alla tensione di saturazione. A confortare il qual supposto, ricorda un'esperienza di Boutigny, per cui, fatta bollire l'acqua entro tubo di vetro terminante in acuminato cannello, sino ad espellerne compiutamente l'aria colla vaporizzazione, ed otturata poi l'apertura del cannello, fondendone la punta col dardo di

una lampana, indi sottoposto il tubo a così bassa temperie che l'acqua rinchiusevi si congeli, si formano, specialmente lungo l'asse del tubo, innumerevoli bollicine, discernibili al microscopio, le quali, non essendo presumibile che siano d'aria, si ritengono prodotte dall'espansione dei vapori dianzi condensati ed ospitanti tra le molecole del liquido. Dietro siffatta opinione l'evaporazione, che si effettua continuamente alla superficie d'un liquido, corrisponderebbe al passare in istato elastico di quel vapore, che trovandosi nello strato superficiale, non è trattenuto da un equivalente azione attrattiva delle molecole liquide: e similmente dovrebb'esso svolgersi, almeno in parte, a contatto della superficie dei cristalli solidi che si formano nel liquido, quando questo agghiaccia. Avverte poi che lo sviluppo di un gas da un liquido si effettua in due differenti modi, del pari che il vapore ora sorge lentamente ed invisibilmente dalla superficie colla evaporazione ordinaria, ed ora colla ebullizione si svolge in modo violento ed appariscente, sommovendo tutta la massa del liquido. E pertanto, a suo credere, la vaporizzazione sarebbe un fenomeno differente da quello dell'evaporazione, per ciò che in questo si renderebbe libero soltanto il vapore ospitante, e nell'altro si avrebbe una vera trasformazione del liquido in vapore. È però evidente che più salienti riesciranno i fenomeni di espansione nei liquidi che contengono disciolti dei gas, a fronte di quelli che sono puramente saturi del proprio vapore. I primi egli chiama liquidi plutonici, gli altri pseudo-plutonici.

Ma a noi sembra che codeste denominazioni siano poco appropriate, perocchè ci designano soltanto alcune tra le proprietà caratteristiche di siffatti liquidi, quelle cioè che riguardano la comparsa e l'incremento delle prominenze fuor dalla loro superficie, allorchè si consolidano: laddove i liquidi medesimi sono atti a provocare molti altri ordini di fenomeni, assai svariati di forma, ma pur tutti dipen-

denti dalla istessa loro costituzione, cioè dalla forza espansiva dei gas e dei vapori in essi rinchiusi. E di vero poco innanzi vedremo, come anche il Gorini siasi giovato delle proprietà speciali dei liquidi già da lui detti plutonii per isvelare il meccanismo d'altri fatti, ben più complessi, e però suscitati dalla loro espansività, come quelli del moto degli umori per entro i tessuti dei vegetali e degli animali, pei quali, a vero dire, l'appellativo di plutonico non ci reca che un'assai confusa imroagine. Ed oltre a quelli già da lui additati, or noi vogliamo segnalare un altro gruppo di fenomeni, che stimiamo procedenti dalle stesse condizioni di espansione, e tali da spandere molta luce su altri fatti sinora annoverati tra i più oscuri e misteriosi della scienza. E con ciò speriamo di porre viemmeglio in rilievo l'alto valore scientifico dei fatti sperimentali dal Gorini studiati con tanta sagacia ed accuratezza. Ma appunto a quest' uopo ameremmo che la denominazione dei liquidi anzidetti fosse tanto generica da poter accennare ad un tempo alle condizioni fondamentali di tutte le singole serie di fenomeni che i medesimi ci presentano. E tale noi crediamo che possa esser quella di liquidi espansivi, giacchè la forza d'espansione che si manifesta in questi liquidi, benchè sotto assai differenti circostanze, ci appare sempre qual primo movente di tutte quelle classi di fatti: quando invece, dicendo liquidi plutonici, si porge un concetto meno esplicito e insieme troppo particolarizzato delle proprietà di così fatti liquidi.

I singolari fenomeni che presentano pressochè tutti i liquidi, e segnatamente i combustibili, gli acidi e le soluzioni saline, allorchè si distendono sulla superficie, netta e tranquilla, dell'acqua o del mercurio, oppur sono in qualunque modo ridotte a molta sottigliezza (*), devono per

(*) Così fatti fenomeni furono descritti con mirabile diligenza dal Fusinieri nella solenne memoria sui *fenomeni chimici delle lamine sottili*, pubblicata nel Giornale di Fisica di Pavia 1821.

certo avere un'intima relazione con quelli osservati dal Gorini nei liquidi da esso chiamati plutonici. E invero ancor que' primi fenomeni vanno accompagnati da vaporazioni, bollimenti, esplosioni, svolgimenti di gas, formazioni di monticelli, di rivoli, di gonfiezze vescicolari, di molecole solide, ecc., che accennano ad azioni termiche e chimiche veramente straordinarie, e che sembrano soprattutto dipendenti da una singolar forza di espansione, provocatasi nei liquidi medesimi colle succennate condizioni. Vogliam dire che la forza espansiva caratteristica dei fenomeni delle lamine sottili studiati dal Fusinieri, assai probabilmente derivi dallo sprigionamento dei gas disciolti in quei liquidi, o piuttosto degli stessi loro vapori, che, al dir del Gorini, starebbero in essi ospitanti, saturando i vani interstizi delle loro particelle. A conferma del qual supposto basti il ricordare che, coprendo con una lastra di vetro il vaso contenente l'acqua od il mercurio, sulla cui superficie si espandono i detti liquidi, e qualora il livello dell'acqua resti appena inferiore di una o due linee dall'orifizio del vaso, tutti quei fenomeni si rallentano e presto cessano, mentre ripigliano poi nuova vigoria, togliendo ancor dal vaso il coperchio. Pertanto, a nostro avviso, questa importante classe di fenomeni, pei quali il Fusinieri aveva già supposto nella materia attenuata lo sviluppo d'una speciale forza di espansione, senza però dichiararne la genesi, ora si direbbe provocata dalla forza elastica propria dei gas e dei vapori, i quali rendonsi liberi dai liquidi nell'atto che questi, trovandosi ridotti a minime dimensioni, perdono su di quelli alcuna parte della loro efficacia attrattiva. E quindi anco per quest'ordine di fatti converrebbe ai summenzionati liquidi la proposta qualifica di espansivi.

Ma il Gorini tentò spingersi più oltre nell'indagine delle forze regolatrici dei fenomeni di consolidazione e di

espansione dei liquidi plutonici. E qui è dove noi crediamo che egli siasi discostato da quei severi principii di filosofia naturale, che pur dominano l'insieme del suo libro. A ragione egli avverte che ben poco sappiamo sull'essenza delle forze, e che però diciamo di conoscere una data forza, quando possiamo assegnarne la provenienza e il modo d'azione. Ma appresso s'impegna a mostrare che: « le forze sono sempre generate dal commercio dei fluidi imponderabili colla materia pesante: » la quale proposizione non si vorrà così presto accettare da chiunque s'attenga rigorosamente al metodo positivo. A noi parrebbe che in generale l'idea di forza corrisponda all'operare di un corpo su di un altro, e che in ogni caso le risultanze dipendano dalle peculiari condizioni di moto, di massa, di struttura, e d'agitazione molecolare di ciascun corpo. Ciò che anzitutto importar deve al fisico è di precisare le circostanze estrinseche e le condizioni intrinseche, per cui si muta il modo di operare della materia costituente un determinato corpo, e per cui un dato ordine di fenomeni è in esso susseguito da altri, d'indole apparentemente diversa. E qualora tali condizioni e circostanze non si possano esplicitamente segnalare, giova meglio confessare un vuoto nella scienza ed attendere che altri più fortunato lo riempia, anzichè avventurarsi in congetture non suscettibili di verificazione, qual'è quella che pone l'esistenza di tali enti, le cui proprietà siano al tutto opposte a quelle già trovate inseparabili dalla materia sensibile e pesante. Perocchè, a nostro giudizio, nelle ricerche fisiche l'ammissione dei fluidi imponderabili implica assai più che non faccia nelle questioni matematiche la posizione di un'incognita da determinarsi: essa implica anzitutto una contraddizione, e, ciò che più monta, implica che il movente di certi fenomeni risieda in una sola condizione, laddove il più delle volte le loro cause fisiche si trovano oltremodo complesse,

ossia sono essi la risultante del concorso di molte circostanze estrinseche, dapprima non avvertite; epperò, partendo da quell'ipotesi, potrebbero venir fuorviate le successive investigazioni sperimentali, siccome la storia delle scienze fisiche e fisiologiche ne ricorda non pochi esempi.

Al qual proposito ameremmo poter mettere in luce il sommo pregio filosofico delle idee esposte dal Grove nel suo succoso scritto sulla connessione delle forze fisiche (*), le quali ci sembrano improntate, come altrove accennammo (**), sulle tracce segnate dal Galileo. Ma allora usciremmo dagli angusti confini di questa pubblicazione. Basti il ricordare come quel celebre fisico inglese intenda mostrare che le varie forze fisiche — il moto, l'affinità, il calore, l'elettricità, il magnetismo, la luce — costituiscano tra loro un vero circolo, per cui, prendendo come iniziale una qualunque di esse, sempre si giunge a mettere in giuoco successivamente le altre tutte: sarebbe quindi irragionevole tanto il supporre essenzialmente distinte le une dalle altre, quanto il porre una qualunque di esse come primitiva o fondamentale per tutte. Ne verrebbe però che i vari ordini di fenomeni che ad ognuna di esse comunemente si attribuiscono, considerandole quali agenti estrinseci alla materia, siano piuttosto da riguardarsi come pure dipendenze delle proprietà primarie della materia dei corpi, ossia come semplici modi di agire della medesima. E siccome poi in ognuno di quegli ordini di fenomeni interviene il moto totale o molecolare dei corpi, così può assumersi il moto come la più semplice espressione di tutti i fenomeni della materia, e quindi come la più chiara nozione d'una forza.

Seguitando il premesso suo concetto delle forze, il Go-

(*) *On the correlation of physical forces*, London 1846.

(**) *Il Crepuscolo*, 7 Luglio 1850.

rini ritiene che quelle dette comunemente di contatto o catalitiche, come pure in genere le forze chimiche, siano sempre destinate nei corpi posti a contatto dall'intervento di qualche imponderabile, il quale sarebbe in una certa quantità dall'un corpo versato in seno ad un altro. A noi sembra che questo intervento d'un fluido imponderabile, oltre all'essere affatto ipotetico, punto non giova a schiarire il meccanismo del fenomeno. Invece ne avremmo una qualche idea, ove ci fossero note le condizioni relative alla struttura ed alla massa dei due corpi messi a contatto, onde ne susseguia l'azione chimica. Valga il seguente esempio a precisare meglio questo modo di vedere. Ognun sa che, quando due corpi di egual massa, e moventisi con velocità uguali sulla stessa direzione ed in senso opposto vengono ad urtarsi, se sono elastici, rimbalzano, muovendosi ciascuno in senso contrario al precedente; e se invece sono molli, si fermeranno entrambi in apparente quiete, ma si mostreranno notevolmente scaldati, in proporzione della loro velocità prima dell'urto, ossia saranno in preda ad un intestino movimento di dilatazione. Dunque così nell'un caso come nell'altro la forza non si è estinta, fuorché nel primo si conservò sotto forma di forza meccanica rispondente al moto totale dei corpi, e nel secondo si mutò in forza fisica rispondente al moto molecolare dei corpi stessi; e ciò in dipendenza soltanto della diversa struttura dei corpi elastici a rispetto dei corpi molli; avendosi poi effetti misti in tutti quelli, in cui non siano perfette tali due qualità. Ma ancora nel secondo caso il moto molecolare, da noi detto calore, trasmettendosi ai corpi circostanti, conserverà la forma di moto molecolare, se questi saranno solidi, che la paleseranno colla loro dilatazione, oppure si trasformerà in forza meccanica, se i corpi contigui saranno liquidi od aeriformi, i quali la faranno manifesta coi loro moti di convezione. Ed ecco ancora la forza

modificata soltanto in relazione alla struttura dei corpi, senz'essere perciò estinta, giacchè ove si potesse tener calcolo delle quantità di moto, cioè delle masse e delle velocità, trasmesse da quei corpi agli altri ad essi contigui, si otterrebbe ancora una quantità non trascurabile. Inoltre chiunque abbia qualche nozione di fisica, comprenderà che dal calore provocato nei detti corpi molli, si potrebbe indurre in alcuni altri corpi, che loro si trovassero a contatto, o un'azione chimica od un'azione elettrica, secondo la speciale costituzione di questi: e quindi sarebbe trasformata dapprima la forza meccanica in forza termica, poi in forza chimica od in forza elettrica. Da questo cenno si può intravedere lo spirito della fisica dinamica del Grove, che pone la forza insita nella materia in quanto che questa, nella sua totalità, possiede una somma indestruttibile di movimenti, i cui conflitti, diversamente modificati, corrispondono a tutti gli svariati fenomeni dei corpi.

Non vogliamo però lasciare inavvertito un passo, ove il Gorini avrebbe, per così dire, intraveduto l'accennato principio della trasformazione delle forze nella materia, senza poi afferrarlo, essendo la sua mente preoccupata dall'ipotesi degli imponderabili. Analizzando egli il processo di lenta solidificazione dei plutonj, osservava che la parte ancor liquida mostrasi agitata da continui movimenti, prodotti dallo sprigionamento d'una parte dei gas disciolti e dalla consolidazione d'un'altra parte, e che perciò la forza meccanica di quei movimenti era originata dalla forza chimica che si desta nell'atto della solidificazione fra le molecole gaseose e liquide e quelle del nuovo solido: e siccome poi la consolidazione, a suo avviso, si effettua per l'azione di una forza catalitica, proveniente d'ordinario da un movimento di calorico, e quindi da una forza fisica; così, concludeva egli, nei plutonj una forza fisica origina una forza chimica, e da questa sorge la forza mec-

canica che agita il liquido: epperò queste tre forze vi alternano senza interruzione le loro azioni, reagendo l'una sull'altra. Ma dietro questa osservazione dalla quale già risultava la intima connessione di tre forze d'indole diversa, egli, abituato a simboleggiare troppo astrattamente le forze desume soltanto che in questi fenomeni dei liquidi plutonici operi una forza composta. Laddove, a nostro credere, le forze della natura devono sempre ritenersi semplici, quantunque ne siano composti gli effetti per rispetto ai diversi sensi od ai diversi istrumenti, col mezzo dei quali noi li ravvisiamo. Per esempio, si consideri una molecola d'acqua salsa del mare che per evaporazione spontanea passa allo stato aeriforme. In questo fatto, per sé semplicissimo, noi possiamo distinguere tutti i seguenti atti: movimento molecolare determinante il cambiamento di stato fisico; movimento meccanico di elevamento per diminuita densità; raffreddamento delle molecole liquide contigue per l'assorbimento di calore nella molecola vaporata; azione chimica per separazione dell'acqua dal sale che essa teneva in dissoluzione prima d'evaporare e che passa ad accrescere la densità del liquido contiguo; stato elettrico opposto in cui si costituiscono il vapore e l'acqua salata; e fors'anche potrebbersi determinare altri atti diversi, ove fossero più squisiti i nostri mezzi d'investigazione fisica. Ma in ogni modo la complicazione di questo fatto consiste unicamente nella insufficienza dei nostri sensi, per cui non possiamo abbracciare d'un solo colpo d'occhio tutti i vari aspetti di quel fenomeno, i quali tutti alla perfine si risolvono in movimenti molecolari; e quindi dobbiamo artificialmente analizzarlo, tentandolo coi sensi della vista e del tatto, col termometro, coll'elettroscopio, coll'assaggio chimico, ecc.

Ma passiamo da ultimo all'esame di alcune quistioni di fisiologia molto interessanti, studiate dal Gorini come applicazioni dei suoi principii di fisica plutonica.

III

Affinchè le diverse scienze naturali ottengano sicuri incrementi, è necessario che i cultori d'ognuna di esse mai non si dimentichino della intima connessione che in fatto sussiste fra la peculiare materia dei loro studi e quella che forma l'oggetto speciale delle altre scienze. E per verità non devonsi attribuire ad una sostanziale differenza fra le cose naturali quelle distinzioni e quegli scomparti, che, attesi i limiti delle nostre facoltà percettive ed intellettuali, siamo costretti a porre, in via artificiosa e provvisoria, onde agevolarci le indagini sperimentali. La mente umana mai non avrà compresa la realtà della natura, se non quando giungerà a far convergere in un'unica sintesi o risultante il complesso di tutte le influenze che dalle singole parti dell'universo si esercitano su d'un individuato punto di esso e di tutte le reazioni che da questo punto si dispiegano all'incontro d'ognuna di quelle influenze. L'analisi è indubbiamente giovevole a fornirci una nozione abbastanza chiara del meccanismo speciale di ciascuna di quelle influenze e reazioni, considerata in disparte dalle altre: ma pure non vuolsi mai lasciar d'avvertire che quell'effetto peculiare, cui nei singoli casi si ha di mira in un fenomeno non costituisce intero e concreto il fenomeno stesso, nel quale in realtà si compenetrano gli effetti di tutte quelle svariate azioni. Così, ad esempio, per determinare le leggi meccaniche del moto e dell'urto dei corpi facciamo dapprima astrazione dalla resistenza dei mezzi, dai quali sono essi involti, dagli attriti contro gli altri corpi che loro servono d'appoggio, dalle proprietà speciali dei corpi stessi, cioè dal vario loro grado di compressibilità, di durezza, di elasticità, ecc., e infine dalle variazioni indotte in queste proprietà dalle esterne condizioni di calore,

di unidità, di elettricità, ecc.: ma tutte le volte poi che vorremo applicare quelle leggi meccaniche ad un caso particolare, dovremo conoscere e saper valutare con qualche esattezza tutte le anzidette circostanze concorrenti a modificarne l'effetto. Similmente nell'astronomia, ove si ha soltanto riguardo ai movimenti relativi dei vari astri, considerati come semplici punti diversamente pesanti, troviamo alcune leggi, cioè alcune relazioni molto semplici fra le loro distanze, masse e velocità, alle quali ci sembra che tutti obbediscano appunto; e allora diciamo d'aver raggiunto il vero, giacchè, atteso le grandi lontananze di quegli astri, non ci essendo percettibili i molteplici mutamenti che in pari tempo sopravvengono nello stato fisico e chimico dei corpi costituenti la superficie e la massa di ciaschedun astro, ci accontentiamo di quel risultato. Però questo in fatto vale soltanto come una prima approssimazione alla verità, non corrispondendo esso pienamente alla realtà concreta, a giudicar della quale converrebbe ci fosse dato esaminare gli astri così da vicino come facciamo colla superficie terrestre, anzi assai più minutamente che qui non possiamo fare coi migliori microscopii. E fu appunto dietro così fatte considerazioni che fu ideato il più razionale ordinamento enciclopedico delle scienze naturali, con riguardo al diverso grado di generalità dei fenomeni studiati da ciascuna di esse, discendendo, per così dire, in linea gerarchica dagli universali ai più particolari: la meccanica degli astri (astronomia), la meccanica delle masse (meccanica propriamente detta), la meccanica dei gruppi molecolari (fisica), la meccanica delle molecole eterogenee (chimica), e la meccanica degli organismi (fisiologia). Epperò le medesime attinenze che necessariamente sussistono in natura fra i differenti oggetti di queste scienze, segnano anche le dipendenze che razionalmente si dovranno riconoscere fra i principii ed i metodi d'indagine delle scienze medesime.

Ora, a quel modo che si è sopra accennato essere i fenomeni astronomici e meccanici legati indissolubilmente coi fenomeni fisici e chimici, si potrebbe tanto più agevolmente dimostrare che questi ultimi devono avere strettissimi rapporti coi fenomeni fisiologici. Farebbero quindi opera vana ed assurda quei fisiologi che volessero persistere a supporre tra i corpi minerali e gli organici una sì profonda divisione che le leggi d'azione dei primi essenzialmente differissero dalle leggi d'attività degli altri, e che di conseguenza la vita fosse in questi uno stato forzato od antagonistico contro tutti gli agenti esterni. Forse che non sussiste un così necessario commercio fra il corpo vivente ed il mezzo, entro cui è involto - aria od acqua - che, ove questo si togliesse, oppur ne fosse variata notevolmente la temperatura o la composizione, cesserebbe tosto anche la vita tanto nei vegetali che negli animali? Non potrebbesi in allora analogamente asserire che lo stato liquido dell'acqua è uno stato forzato, perciocchè togliendovi la pressione dell'atmosfera, o scemando d'assai la temperatura dei corpi circostanti, essa subitamente assume lo stato aeriforme o lo stato solido? La vita dei corpi organici richiede un certo concorso di circostanze esterne, cioè che l'ambiente, in cui vive, abbia non solo una certa composizione, ma ancora un certo grado di calore, di umidità, di luce, di elettricità, ecc., appunto come altre analoghe condizioni richiedonsi, acciocchè i diversi corpi minerali conservino gli ordinari loro stati di gas, di liquido, di solido, di cristallizzazione, di volume, ecc.

E di vero esaminando la storia delle scienze fisiologiche, si vede che già da lunga pezza i naturalisti s'adoperano a determinare alcuni caratteri o proprietà che valgano a distinguere essenzialmente i corpi organizzati dai minerali. Molti ne furono assegnati; ma la maggior parte, o riguardando troppo superficialmente le forme transitorie

degli esseri viventi, o generalizzando tropp'oltre certe qualità proprie soltanto d'alcune classi dei medesimi, dietro un più maturo esame furono trovate o al tutto insussistenti o secondarie. Ritenevasi, ad esempio, che, mentre i corpi organizzati rimutano continuamente le loro parti interne e crescono per intromissione fra queste di nuove materie venute dall'esterno, i minerali si serbassero costantemente per sè inerti od immutati, e non crescessero che per sovrapposizione; ritenevasi che i corpi organici avessero figure proprie ed inalterabili per azioni esterne, ed avessero facoltà di modificare talmente gli elementi nutritivi introdotti, da originarne nuovi e svariati composti, laddove i minerali fossero affatto indifferenti ad assumere quelle figure che in essi determinano le esterne influenze, e non potessero dar luogo a cambiamenti chimici nel proprio interno senza disgregarsi; ritenevasi che le azioni fisiche e chimiche dei liquidi entro gli organismi fossero promosse da forze e regolate da leggi onninamente diverse da quelle che promovono e reggono le azioni di quei medesimi liquidi fuori dell'organismo vivente; e così ammettevansi tant'altre distinzioni.

Ma di poi fu riconosciuto che ancora i solidi minerali più coerenti e più compatti vengono senza mai posa rimutati nel loro interno da movimenti molecolari, gli effetti dei quali, benchè minimi, sommandosi col lungo decorso del tempo, si rendono manifesti anche ai nostri sensi: quindi le pietre e le rocce più dure, in virtù delle incessanti variazioni nell'intensità relativa delle stesse loro forze costitutive - gravitazione, calore, elettricità, ecc. - subiscono continue mutazioni nella interna loro struttura e composizione (*). E se alcuno volesse opporre che quei moti

(*) Veggasi una copiosa raccolta di questi fatti veramente interessanti nel celebre lavoro del Paoli *Sul moto molecolare dei solidi*. Firenze 1840.

intestini e quei cambiamenti nella costituzione dei minerali non siano propriamente spontanei, ma sì provocati dalle variazioni nelle circostanze esterne, gli faremmo osservare che allora in tal senso potrebbesi dire che anco i corpi organici non dimostrano mutamenti spontanei nel loro interno, essendo ancor questi in dipendenza, come si notò sopra, colle condizioni dei mezzi. D'altra parte gli studi fatti sulla formazione delle rocce metamorfiche e dei putrefatti, e sui processi delle cementazioni metalliche e delle lente fermentazioni dei corpi spogli di vita, provarono ad evidenza che anco i minerali lascian luogo ad uno scambio dei proprii elementi con altri venuti dall'esterno ad interporsi fra le loro parti interne od a combinarsi con esse, se pure a provare una effettiva intussuscezione nei corpi non viventi non bastavano già a sufficienza i fatti assai notorii dell'intimo accrescimento che provano i liquidi ed i solidi per lo spontaneo loro assorbimento dei fluidi aeriformi. Che poi i corpi organizzati possano alterare le loro forme per influenze estrinseche, allo stesso modo che si mutano le forme cristalline di molti minerali pel mutarsi delle circostanze esterne, lo dimostrano apertamente i fatti raccolti in quelle sezioni della scienza fisiologica, denominate morfologia e teratologia, le quali studiano le ordinarie trasformazioni e le eccezionali deviazioni che si verificano nello sviluppo dei singoli organi, così dei vegetali che degli animali. Inoltre i moderni chimici mostrano colle seguenti proposizioni l'analogia fra le azioni chimiche dei corpi viventi e quelle dei corpi minerali: che i diversi materiali organici dei vegetali risultano da alcune poche combinazioni dei componenti dell'aria e dell'acqua e dei corpi in queste naturalmente disseminati o disciolti; che questi materiali inorganici vengono assorbiti dalle foglie e dalle radici, e ridotti, sotto l'azione della luce e del calor solare, allo stesso modo che

fanno altri corpi porosi non viventi nelle medesime circostanze; che i materiali così ridotti dai vegetali, quantunque di apparenze molto svariate, sono in gran parte puri corpi isomeri, cioè d'identica composizione; che molti di questi corpi isomeri s'incontrano affatto identici ne' vegetali e negli animali; che nel sangue degli animali nuotano tra loro commisti gli stessi materiali delle parti erbacee, e dei semi vegetali da essi ingeriti; che questi materiali si fissano poi per assimilazione nei differenti tessuti dell'organismo, irrorati tutti dallo stesso sangue; che le sole azioni chimiche effettuantesi nell'interno degli animali sono semplici combustioni, per cui i materiali stati assorbiti e ridotti dai vegetali, vengono restituiti agli stessi mezzi, aria e suolo, nel primitivo loro stato di combinazione; e che con materiali puramente inorganici si sono già ad arte ottenuti parecchi prodotti organici. E così mano mano dai progressi delle scienze fisico-chimiche vengono tolti di mezzo quelle fondamentali differenze che molti fisiologi credettero di porre tra i corpi minerali e gli organizzati, e quindi ad infirmare la definizione da essi data della vita in base ad un ipotetico antagonismo della medesima colle forze fisico-chimiche e colle loro leggi.

E qui noi speriamo che nessuno vorrà attribuirci il pensiero che sia stato dannoso alla scienza il far distinto studio delle proprietà dei corpi organici da quelle de' minerali, poichè anzi abbiain già più volte dichiarata la necessità ed utilità di siffatti scomparti nel vastissimo campo della natura, mal reggendo l'umana mente alla comprensione sintetica del tutto, e insieme ad una minuta analisi di ogni fenomeno particolare. Soltanto ameremmo che alcuni scienziati attendessero a raccogliere sotto un unico punto di vista, da una parte i progressi delle scienze fisiologiche, e dall'altra quelli delle scienze fisico-chimiche, e ciò per mostrare che a torto nelle scuole e nei trattati si va tut-

tora ripetendo essere la vita il prodotto d'una speciale forza, operante sulla materia in opposizione colle forze fisico-chimiche. E questo appunto dovrebb'essere il principale ufficio della filosofia naturale (*), onde i giovani che si dedicano agli studi scientifici non traviassero dietro quelle false indicazioni. Epperò vorremmo ricordata la bella proposta del professore Zambra, di aprire appo le università una nuova cattedra, sotto nome di filosofia naturale, tendente a favorire le alleanze delle diverse scienze naturali (**).

Ora il Gorini ci sembra francamente entrato su questa via. Egli riconosce i reciproci vincoli che legano le azioni dei corpi organici a quelle dei corpi bruti; avverte che l'ammissione di certe occulte forze vitali attesta unicamente la nostra ignoranza sul meccanismo speciale delle varie funzioni dei corpi organizzati; ed insiste quindi perchè queste vengano rischiarate con un più diligente studio de' fenomeni fisici. Anzi egli ne offre un luminoso esempio, indicando come i fenomeni di espansione da lui avvertiti nei liquidi contenenti dei gas in dissoluzione possano render ragione dei movimenti degli umori nell'interno dei corpi viventi. E in vero già per le esperienze di Magnus era noto che il sangue tiene disciolti diversi gas, da esso assorbiti nell'apparecchio respiratorio; che però il sangue arterioso ne contiene una maggior quantità del venoso, e che questi gas, trascinati dal sangue nei capillari, servono a promuovere entro di questi le diverse azioni chimico-fisiche del sangue, analoghe a quelle d'ogn'altra combustione, cioè produzione di acido carbonico e di acqua, e insieme

(*) Vedi il precedente scritto: *Assunto della moderna filosofia*.

(**) *Proposta di un ajuto allo studio delle scienze naturali ed all'industria*, letta all'Istituto Veneto nel Dicembre 1850.

di calore e di elettricità. Ora il Gorini aggiungerebbe che in virtù di queste azioni chimico-fisiche, una parte di quei gas, rendendosi libera, si svilupperà una forza espansiva, capace di sollecitare al moto il liquido stesso entro l'apparecchio vascolare. E noi aggiungerei che alcune altre sperienze sembrerebbero appoggiare l'idea del Gorini, cioè che anco il succhio dei vegetali si possa considerare come un liquido espansivo, i cui moti dipendano da questa stessa sua condizione fisica. Perocchè secondo le osservazioni del Gardner le radici aspirano dal seno dei liquidi bagnanti il suolo una notevole quantità di gas, la quale varia dal giorno alla notte, secondo le azioni della luce solare sulle parti verdi; operando del resto l'intera pianta come un sistema poroso soggetto alle ordinarie leggi della diffusione dei gas.

Ma per quanto noi stimiamo meritevole della considerazione dei fisiologi questa facoltà espansiva che possieder devono gli umori de' vegetali e degli animali, per ciò solo che racchiudono dei gas disciolti, non sappiamo però ancor intendere il giuoco di questa forza così chiaramente, da dover al tutto sbandire dalla fisiologia la forza d'irruzione che si manifesta ogniquale volta due liquidi di differente densità o diversa natura chimica si trovano in contiguità o separati soltanto da una qualunque membrana o da un corpo poroso, per cui l'uno dei liquidi irrompendo più energicamente verso l'altro, che non questo verso il primo, si eleva il livello dall'una parte più che dall'altra, in opposizione alla legge di gravità. Questa forza, avvertita primamente da Dutrochet, che la indicò col nome di endosmosi, deve evidentemente intervenire in quasi tutte le parti de' corpi organizzati, dove si verificano le anzidette condizioni. Però ci sembra che il Gorini troppo fiaccamente la rifiuti, citando le opinioni del Richard e del Magendie, alle quali potremmo contrapporre quelle di più

altri distinti botanici e fisiologi moderni, i quali riconoscono l'efficace intervento dell'endosmosi non solo nella funzione di assorbimento, ma ancora in quelle di circolazione e di nutrizione. L'unica esplicita obbiezione del Gorini è questa: ammesso pure, egli dice, che l'endosmosi serva a sollevare i liquidi entro i vegetali, pur non vedrebbe la ragione, per cui mantiensì un costante rapporto tra la forza sospingente il liquido a salire e l'altezza della pianta. Ma qui egli sorpassa innanzi tutta la precipua difficoltà che si offre a chi vuol spiegare l'ascesa dei liquidi nei vegetali per mezzo della capillarità, e che a noi sembra reggere anche contro il suo principio dell'espansione gasosa. Ed è la seguente: che la linfa sale ne' vegetali non tanto pei più liberi e continui canali de' vasi punteggiati e rigati, o dei meatì intracellulari, i quali di preferenza sono percorsi dai gas, ma ben piuttosto s'innalza attraverso gli otricelli del tessuto cellulare ed i tubi fusiformi del tessuto fibroso, conterminati sì gli uni che gli altri da membrane proprie e continue, tali cioè che al microscopio non appajono nè perforate nè fesse; e quindi la linfa è sempre obbligata a transitare per una lunga serie di pareti membranose. E si noti che queste membrane sono permeabili dai liquidi unicamente per quei minutissimi pori organici che non sono n' eppur discernibili coi migliori microscopii, ed il cui diametro è forse di poco maggiore del diametro delle molecole de' liquidi, non ravvisabili pur esse colle massime amplificazioni delle lenti; giacchè si è osservato che per quei pori non ponno transitare le particelle dei solidi, tuttochè finissimamente polverizzati, qualora non si disciolgano, cioè non si liquefacciano ancor esse. Ora ciò che costituisce una difficoltà per gli anzidetti principii di spiegazione, forma invece un' appropriata condizione al salire d'un liquido entro un vegetale in relazione appunto colla sua altezza, perciocchè per ognuna

delle membrane di quegli otricelli e di quei tubetti fusi-formi, sovrapposti a guisa di pila, si ripete lo stesso giuoco d'endosmosi, che dapprima incomincia colle membrane delle cellule imperforate, sempre rinnovellantisi, all'estremità delle barboline radicellari. E in vero per tutte si può riscontrare la fondamentale condizione dell'endosmosi, cioè la diversa forza d'irruzione di due liquidi differenti attraverso una membrana che li separa; perocchè nell'interno delle cellule e dei tubi fibrosi si trovano dei liquidi molto densi, specialmente in quelli situati mano mano più discosti dalle radici per cui penetra il liquido assai meno denso che bagna il suolo, e più vicini alle foglie, ossia all'apparecchio di svaporazione; siccome si verificò sgorgare la linfa da uno stesso vegetale tanto più densa quanto più è attinta in alto. Potremmo poi aggiungere che le recenti osservazioni del Becquerel e del Wartman sull'elettricità dei vegetali (*) appoggerebbero l'opinione ora accennata, poichè essi rilevarono che le correnti elettriche compientisi fra le diverse parti del loro organismo, e propriamente fra i differenti loro sughi tramezzati da pareti membranose, sono dirette dal liquido più denso al meno denso, appunto come d'ordinario accade coll'endosmosi. Quindi, per dirlo in passando, vedrebbersi, anche nel fatto dell'endosmosi, cospiranti ad un tempo le azioni meccaniche, chimiche, termiche ed elettriche manifestate dalla reazione di liquidi differenti.

Nondimeno crediamo che la forza d'espansione, segnalata dal Gorini nel succhio vegetale e nel sangue degli animali, deve avere un importante ufficio nel mantenere il moto di que' liquidi ad onta delle notevoli resistenze che questi devono incontrare, massime scorrendo per gli angusti canali dei capillari. Infatti, com'egli osserva, nel-

(*) Ricordate nel Bollettino scientifico del N. 7 del *Crepuscolo*.

l'atto stesso che quei liquidi in parte si rassodano, organizzandosi ne' vari tessuti cui forniscono il nutrimento, deve pur rendersi libera una parte dei gas in essi disciolti, la quale varrà colla propria espansione ad accrescere l'impulso ai liquidi stessi. Anzi, qualora reggesse il nostro supposto che i fenomeni dei liquidi plutonici del Gorini abbiano un movente comune coi fenomeni dei liquidi espansivi del Fusinieri, ne verrebbe che anco il meccanismo dell'endosmosi, in luogo d'essere in opposizione, sarebbe in pieno rispondente a quello del plutonismo, stante che l'endosmosi stessa, come mostrò il Fusinieri, ha uno stretto legame colla varia espansività dei liquidi.

Conveniamo poi pienamente col Gorini sul proposito di attribuire ai liquidi una importanza maggiore che ai solidi nell'esercizio delle funzioni organiche dei corpi viventi; giacchè sono appunto le proprietà caratteristiche dei liquidi contenenti dei gas che provocano non solo i movimenti dei tessuti, ma ancora la loro traspirazione, caloricità, respirazione, nutrizione ed elettricità. E con ciò egli avrebbe additati nuovi ed interessanti argomenti di studio pei fisiologi, ancor troppo facilmente correvi a rialzare l'ufficio dei solidi. E qui ancora noi vediamo una singolare consuetudine fra gli studi del Gorini e quelli del Fusinieri, mentre ancor quest'ultimo fisico era venuto ad un'analoga conclusione, dietro l'osservazione da esso fatta che pur i fenomeni di permeazione, di assorbimento, ecc., i quali d'ordinario si attribuiscono ad una peculiare attrazione operata dal solido sul liquido, dipendano piuttosto dall'espansività dei liquidi, la quale si manifesta allorchè questi son ridotti a molta sottigliezza, appunto perchè allora, come direbbe il Gorini, devono più facilmente svolgersi i gas od i vapori disciolti a saturazione nei liquidi.

Ora assai ci duole di non poter esaminare con qualche sviluppo ciò che il Gorini compendia nell'importante

capitolo sulle funzioni del sistema nervoso. Avvertiremo soltanto che noi non vediamo la necessità di chiamare in giuoco, com' egli fa, un fluido speciale, detto biotico, mentre per le funzioni degli altri sistemi organici si era egli saggiamente adoperato a surrogare alle misteriose forze vitali il giuoco delle ordinarie forze fisico-chimiche. È ben vero che i fenomeni del sistema nervoso sono assai più oscuri e complicati degli altri. Ma noi ancor qui avvi-
siamo che gioverà meglio al libero incremento della scienza il confessare la insufficienza dei nostri studii, anziché fuorviare le indagini o pregiudicare le questioni col porre un incognita, la quale, se non foss'altro, potrebbe condurci a ricercare in un' unica e semplice condizione la causalità di quei fenomeni, i quali più probabilmente dipendono invece dal simultaneo concorso di molte e svariate condizioni, finora inavvertite, ma pur analizzabili. E quanto ai fenomeni mesmerici, da lui investigati col sussidio del fluido biotico, che sembra ritenere molto analogo al fluido elettrico, crediamo di dover tuttora attenerci alla opinione già da noi altrove propugnata (*): aggiungendo qui che la frenologia ci sembra aver meno dubbii fondamenti nelle scienze anatomico-fisiologiche che non il mesmerismo.

E neppure possiamo dichiarare l'opinione del Gorini sulla generazione spontanea, che per sè sola richiederebbe un lungo esame, nè tant' altre importanti quistioni fisiologiche da lui discusse, giacchè, a volerle solo accennare dovremmo tropp'oltre estendere la presente analisi del suo libro, il quale, lo ripetiamo, è veramente meritevole della pubblica attenzione per la copia e novità di dottrina in esso compendiata. Poichè anco quelle poche osservazioni critiche da noi qui fatte miravano soltanto a mettere in rilievo le difficoltà grandissime di siffatto genere di studii,

4(*) Vedi il precedente scritto : *Le teorie mesmeriche.*

porgendo in pari tempo occasione al Gorini a riempire quelle lacune ed a rischiarare quei dubbii che per avventura potevano da alcuno notarsi nella sua teoria. Ad ogni modo il suo libro starà sempre come un pregevole esempio del metodo positivo di filosofare, e come un utile e nuovo indirizzo agli studii fisico-chimici, in quanto possono venire in sussidio della geologia e della fisiologia.



LA VITA E LE OPERE

DI

GALILEO GALILEI (*)

I.

Bastino brevi parole sui primordii di Galileo.

Il padre suo Vincenzo era nobile fiorentino, di fortune piuttosto limitate, ma educato negli studii delle lettere latine e greche, e versato nella matematica. Scrisse su la musica diverse opere, a' suoi tempi molto stimate. Stabilitosi da qualche anno in Pisa, gli nacque il 18 febbrajo 1564 il figlio Galileo da Giulia Ammanati, moglie sua. Poco di poi, si ricondusse colla famiglia a Firenze. Nel 1581 il Galileo vien rimandato a Pisa a studiar medicina; e là, tra breve, si rivela il suo spirito osservatore e riflessivo che gli fa notare, quel che molt'altri prima di lui avran veduto, ma non avvertito, essere sensibilmente eguali tra loro i tempi, in cui un corpo dondolante, di data lunghezza, compie le singole sue escursioni, abbenchè vari man mano l'ampiezza dell'arco descritto per ciascuna di esse: trovato ch'egli utilizza pochi anni dopo ne'suoi studii su la gravità, per formare uno strumento atto a dividere il tempo in parti d'eguale durata. Reduce a Firenze nel 1585, s'applica con fervore allo studio della geometria,

(*) Dal *Crepuscolo* An. V. N. 11 a 16 (Marzo ed Aprile 1854).

sicchè, due anni dopo, comunica a' suoi maestri ed amici la soluzione di alcuni difficili problemi meccanici, concernenti il ritrovamento del centro di gravità in alcuni solidi di figura nien che semplice.

Lo studio delle matematiche è certo di somma efficacia nell'addestrare la mente a seguir per diritto il filo dei raziocinii, senza lasciarsi fuorviare dai fallaci suggerimenti della fantasia, dalle facili accondiscendenze all'autorità, e dagli avventati consigli della presunzione. Eppure molti, prima di Galileo, avevano studiata, e con onore, la geometria; ma pur non seppero importare nello studio della naturale filosofia quell'acuta e pronta intuizione nel magistero dei fenomeni, quell'analisi diligente e rigorosa, quella perspicacia d'argomentazione, e quella perseveranza nello studio, che valessero, non solo a disvincolare la fisica dalla autorità della metafisica aristotelica, che la teneva da tanti secoli inceppata, ma ancora a richiamarla su le vere sue basi, ed a metterle tra le mani tutti gli artifici del metodo inventivo, come appunto seppe fare Galileo.

Intanto quei primi saggi del suo ingegno gli procurarono, a venticinque anni, la nomina a pubblico lettore di matematica in Pisa, colla scarsa provvisione di settanta scudi annui. Ivi istituisce i suoi celebri sperimenti per dimostrare che, ove fosse rimossa la resistenza del mezzo, i corpi cadenti si muoverebbero tutti con eguale velocità, per quanto sia diversa la loro densità, e che inoltre si verificherebbero in essi eguali incrementi di velocità in tempi eguali, per modo che il loro moto sarebbe uniformemente accelerato. Sono veramente ingegnose le diverse vie sperimentali da lui seguite per mettere in evidenza coteste verità, che, ad un primo aspetto, sembrano smentite dalla quotidiana esperienza, appunto perchè noi guardiamo ad un fenomeno complesso e che vuol essere avvedutamente analizzato, per far emergere distintamente la

parte dovuta all'azione della gravità e quella dipendente dall'influenza del mezzo. Fu questa una scoperta sopra-modo importante per la fisica, perocchè ci fece conoscere le leggi di una forza che interviene in quasi tutti i fenomeni naturali.

Già il libero e sicuro filosofare del Galileo aveva attirata su di lui l'attenzione, e suscitata l'invidia in quegli spiriti esosi, che per procacciar credito alla scarsa e fiacca loro dottrina, la rinfancavano coll'autorità di Aristotile e della tradizione, e pigliavano ad avversare con bassi intrighi e vili calunnie chiunque s'attentasse di ricercare spregiudicatamente la verità, colla pura scorta della spe-rienza e della ragione. S'adoperarono perciò costoro per mettere il nostro filosofo in discredito presso il principe: ed ottennero ben presto il loro intento, giovandosi dell'occasione che il Galileo, posponendo ogni ossequio all'amore del vero, pronunziò un voto sfavorevole su d'una macchina ideata da Giovanni de' Medici, figlio naturale del principe Cosimo, per espurgare la darsena di Livorno: cosicchè gli convenne cercarsi altrove un più sicuro collocamento.

E, per buona ventura, lo ritrovò presso la repubblica veneta, che lo nominò professore di matematica all'università di Padova, accordandogli dappprincipio la modica retribuzione di 180 fiorini annui, che fu successivamente portata a 320, ed a 520 fiorini. incominciò a dettare da quella cattedra sullo scorcio del 1592; ed in breve, colla vivacità e chiarezza del suo dire e con la novità delle sue speculazioni, seppe chiamarsi intorno un sì numeroso uditorio, da esser detto straordinario in quella università, che allora pur godeva alta rinomanza ed era frequentatissima.

Diverse opere egli vi compose sin dai primi anni: un trattato di fortificazione, uno su le macchine semplici, uno di gnomonica ed un compendio su la sfera; ma, appunto perchè le comunicava liberalmente ai suoi discepoli ed ai

suoi amici, non si diè cura di pubblicarle per le stampe; per modo che gli ultimi due lavori andarono perduti, il primo comparve solo in questo secolo nella nuova raccolta del Venturi, e quello di meccanica, benchè pregevolissimo, essendovi per la prima volta fatto ricorso al principio delle velocità virtuali per dimostrare le condizioni d'equilibrio nelle macchine, non venne pubblicato dal Galileo se non circa quarant'anni dopo che l'ebbe redatto. E fu per questa sua noncuranza nel metter fuori le cose sue, che i diversi suoi trovati vennero o attribuiti ad altri, o da altri sfacciatamente appropriatisi. Così accadde pel suo termoscopio ad aria, la cui invenzione vien comunemente ascritta o al Drebbel od al Santorio, mentre il Galileo, molt'anni prima di costoro, aveva insegnata la costruzione e l'uso di siffatto strumento ad alcuni suoi amici. Vuolsi però confessare che questo era strumento tuttavia imperfetto, non prestandosi a misurare le variazioni nelle temperature, come fanno i comuni termometri, la cui invenzione è devoluta agli accademici del Cimento ed al Renaldini. Del pari il ritrovamento del compasso di proporzione, da lui detto geometrico e militare, la cui mercè egli scioglieva diversi problemi di aritmetica, di planimetria, di stereometria e di fisica, gli venne contrastato pubblicamente da certo Baldassare Capra; cosicchè il Galileo dovette citarlo ad un regolare processo, dal quale emersero chiaramente il plagio e l'ignoranza del Capra nella geometria elementare.

Ma a render celebre il nome di Galileo valsero più che tutto le scoperte da lui fatte nel cielo, mercè il telescopio, la cui costruzione, se non fu per esso primamente inventata, fu almeno indovinata felicemente e di molto perfezionata. Trovavasi egli in Venezia nell'estate del 1609 quando gli giunse notizia che al conte Maurizio di Nassau era stato presentato da un artefice olandese un occhiale,

la cui mercè le cose lontane si vedevan così distinte come se fossero vicine. Su questo semplice indizio, il Galileo, reduce in quello stesso dì a Padova, e fattosi a meditare sul modo di ottenere il detto intento, ben tosto s'avvide che servir doveva all'uopo l'accoppiamento di una lente convessa con altra concava; epperò il dì seguente preparò un cannocchiale che ingrandiva circa tre volte il diametro apparente degli oggetti. E sei giorni appresso ne costruì un altro, con cui s'accresceva per ben otto volte ogni dimensione degli oggetti, e quindi circa sessanta volte maggiore appariva la loro superficie. Fu quest'ultimo strumento da lui presentato ai suoi amici in Venezia, e di poi al Senato, il quale attestò un'alta ammirazione per il suo ingegno con uno speciale decreto, e gli mostrò la gratitudine della repubblica per i suoi servigi, col confermarlo a vita nella sua cattedra, invece di rinnovargliene la condotta ogni sei anni, come di regola, e coll'accrescerli l'emolumento sino a mille fiorini. In seguito ei perfezionò per modo siffatto strumento, da ridurlo capace d'amplificare trentadue volte il diametro, ossia circa un migliajo di volte la superficie apparente degli oggetti. Nè per questo il Galileo volle arrogarsi il titolo d'inventore del telescopio, benchè a niun altro meglio che a lui si convenisse un tal vanto, poichè da tutte parti d'Europa chiunque aver voleva un buon telescopio, benchè a niun altro meglio che a lui si convenisse un tal vanto, poichè da tutte parti d'Europa chiunque aver voleva un buon telescopio rivolgeva la sua domanda al Galileo; poichè ancor trent'anni dopo in Olanda non si sapevano costruire telescopi capaci di far isorgere i satelliti di Giove; poichè niuno prima di lui, e nemmeno il Porta, che ne parlò a caso nel suo libro su la magia, seppe dare una soddisfacente spiegazione degli effetti di tale strumento in base alle leggi di ottica, e poichè egli pel primo fece con esso importanti

scoperte astronomiche. In fatti, in meno di dieci mesi, egli rilevò le inuguaglianze della superficie lunare, dove esistono monti proporzionatamente più elevati di quelli della terra; avvertì essere la via lattea ed altre nebulose nulla più che un ammasso di stelle assai lontane; scoprì i quattro satelliti di Giove e determinò con approssimazione gli elementi delle loro rivoluzioni; vidde le fasi di Venere analoghe a quelle della luna; osservò le macchie solari e ne studiò la natura ed i moti, e rilevò, benchè incompletamente dappprincipio, l'anello di Saturno.

Ed ecco per così fatte osservazioni rovinata irreparabilmente e travalicata quella fittizia vòlta, che per tanti secoli si ritenne segnare i confini del cielo, e tener tra loro legate e connesse tutte quante le stelle. E quindi la sede dell'uman genere, la terra, veniva a perdere gran parte di quella dignità, in che l'avevan posta le dottrine d'Aristotile e di Tolomeo, ed alcune tra le più venerate cosmogonie. Imperocchè essa riducevasi a piccola e meschina cosa a fronte dell'orbe celeste, il quale, per la prima volta, lasciava intravedere agli occhi dell'uomo la interminata sua ampiezza e l'indefinito numero degli astri. Forse la tomba del Galileo avrebbe portato più meritamente di quella dell'Herschell il celebre detto: « *coelorum perrupit claustra* ». E in pari tempo per le medesime scoperte del nostro filosofo e specialmente per quelle concernenti la costituzione del sole, della luna e dei pianeti, le cose celesti si disvelavano vienmeglio affini alle terrestri, mostrandosi pur esse, al par di queste, soggette a continue mutazioni.

Sotto i colpi arditi, ma sicuri, di questa innovatrice filosofia cadeva sfasciato per sempre il fastoso edificio della fisica peripatetica, rendendosi evidente la inanimità dei suoi fondamentali principii: essere unico il mondo; il primo mobile, cioè il cielo delle fisse, essere inalterabile ed im-

passibile; il moto circolare esser l'unico moto perfetto e conveniente ad un corpo semplice, qual è il primo mobile; ed il centro di questo trovarsi stabilmente fissato nel centro stesso della terra. Nè più potevasi ammettere che gli astri tutti non avesser altro officio fuor quello di far lume alla terra, e di servir di spettacolo all'umana razza, come si credeva da altri, i quali ponevano l'uomo quale scopo e centro d'ogni cosa esistente. In una parola Galileo dimostrava in modo irrepugnabile, che all'uomo è dato sospingere il suo occhio e la sua mente a contemplare le cose celesti e ad investigare il segreto meccanismo dei loro moti, coll'unica scorta dell'osservazione e del raziocinio, sussidiato dalla geometria: epperò doverglisi concedere piena libertà di filosofare su le leggi che governano i fatti dell'universo. E così egli propugnava colla sperienza e colla matematica alcune di quelle verità, che dal Bruno, dal Campanella e dal Vanini eransi proclamate per mero vigore di intuizione, e per le quali sostennero animosi le pene più dure e più atroci, e caddero, veri martiri della filosofia, protestando contro la superstizione o l'ignoranza, che tenevano inceppata l'umana ragione.

E ben s'avvidero di queste remote conseguenze della dottrina di Galileo coloro che si fecero ad avversarlo a tutto potere. Anzi conobbero d'aver in lui a combattere un campione ben più temibile della libertà filosofica; perocchè la via da lui calcata era meglio sicura, ed i mezzi da lui usati più possenti ed autorevoli di quelli messi in opera dalla filosofia meramente speculativa. E quindi con lui si valsero di diverse armi. Egli nel marzo del 1610 dava fuori il suo *Nunzio Sidereo*, nel quale espose i primi scoprimenti da esso fatti nel cielo; Keplero tantosto applaudiva ed incorava il Galileo a seguitare nei suoi studi: ma gli ostinati invidiatori della sua gloria o negavano sfrontatamente la realtà delle cose osservate, dicendole pure

illusioni prodotte dai vetri del cannocchiale, oppure tentavano di carpirgli il vanto di primo scopritore, come fece il gesuita Scheiner, per riguardo alle macchie solari; il quale poi, per salvare la dottrina della inalterabilità dei cieli, le supposeva effetto di parziali occultazioni della superficie solare, prodotte da diversi astri circolanti a poca distanza dalla superficie medesima.

Ma, a questo punto non vogliam passare inavvertito un fatto, che ebbe gravissime conseguenze sul resto della vita del Galileo. Da diecisette anni egli leggeva matematiche in Padova: aveva discepoli che lo tenevano in somma venerazione; aveva amici stimati e possenti, come Sarpi e Sagredo, che lo proteggevano contro le insidie e le detrazioni dei maligni: era appena stato confermato a vita nella sua cattedra con rilevante stipendio, come s'accennò sopra: e trovavasi in uno stato, dove allora le arti degli avversari e l'autorità del Sant'ufficio non potevano spiegar molta influenza. Eppure in quel medesimo anno, forse per amore alla sua patria, e più ancora per essere esonerato dal carico delle pubbliche lezioni, onde meglio attendere ai suoi studii, accettò di ritornare a Firenze, col titolo di primo matematico e filosofo del granduca, coll'emolumento di mille scudi fiorentini, e senz'obbligo di legger matematica nell'università di Pisa, se non onorariamente, quando a lui piacesse. Gli amici suoi di Venezia indarno tentarono di dissuaderlo da tal sua risoluzione, additandogli i pericoli, in cui questa lo avrebbe messo. Il suo maggior desiderio era quello di aver ozio e comodità per condurre a termine diverse opere, da lui già sbizzate, e segnatamente i dialoghi su le cose meccaniche e sui sistemi astronomici. E di più la magnanimità del suo cuore non gli permetteva di credere, che l'evidenza e la bellezza della verità potessero venir eclissate per le maligne arti dell'errore, nè che le opere degli sciocchi valessero a confondere ed a soverchiare le creazioni del genio.

II.

Al principiar di settembre del 1610 Galileo lasciò Padova per istabilirsi a Firenze. Non ostante i molti impicci inerenti al mutar di domicilio, e in onta alla cagionevole sua salute, per cui di sovente, o per languore di stomaco, o per infreddature trovavasi vincolato al letto, egli proseguiva indefesso i suoi studii e le sue osservazioni nel cielo: e la scienza ne riceveva ogni tratto novelli e rilevanti incrementi. Nella lusinga poi di serrare la bocca ai maligni, com'ei s'esprimeva, nella primavera dell'anno consecutivo si recò a Roma. Voleva convincer col senso i peripatetici, ch'ei chiamava filosofi ne' libri, i quali s'ostinavano a negare le sue scoperte astronomiche, sol perchè lo Stagirita aveva pronunziato il cielo essere incorruttibile: laddove, la filosofia - sono sue parole - è scritta in questo grandissimo libro, che continuamente natura tiene aperto innanzi a quelli che hanno occhi nella fronte e nel cervello. Il padre Clavio, celebre astronomo del collegio de' gesuiti, ancor nell'ottobre del 1610, si rideva delle quattro lune di Giove, e diceva esser necessario costruire un occhiale che le facesse e poi le mostrasse. A tanta cecità conducono i pregiudizii della tradizione!

Ma quel che più stava a cuore al Galileo si era di togliere dal dispregio, in che allor giaceva, il sistema di Copernico, il quale nei suoi scoprimenti celesti trovava nuove e valide riprove. Le fasi di Venere, e le grandi differenze nei diametri apparenti di Marte, osservato in diverse epoche dell'anno, indicano ad evidenza che questi pianeti, non men che la terra, si volgono intorno al sole, e ci si mostrano illuminati non per luce propria, ma per riverberamento della luce solare, del pari che accade per la luna: le stelle invece risplendere di luce propria. Il Ga-

lileo però sosteneva quel sistema sino dal 1597, come ne fanno fede le sue lettere di quell'epoca al Mazzoni ed al Keplero: ma in allora non sentivasi il coraggio di affrontare il ridicolo, gettato così dai dotti come dal volgo sul nome di Copernico. E appunto, finchè quel sistema non appariva che una mera opinione, bastava per combatterlo l'arme del ridicolo; ma, dappoichè il Galileo veniva ad appoggiarlo con fatti evidenti, s'accorsero i peripatetici ed i ciechi propugnatori della tradizione esser ginocoforza di pigliarlo in serio esame, onde trovare più validi argomenti da opporvi. Fu con tale intendimento che il Galileo, venuto in Roma, s'adoperò per mostrare le novità celesti da lui annunziate alle persone più influenti presso quella corte; e quasi tutte le convertì in caldi ammiratori del suo ingegno. Di maniera che il cardinal Bellarmino scrisse ai padri gesuiti, direttori del collegio romano, tra i quali contavasi il padre Clavio, perchè avessero a dire sinceramente il parer loro intorno a siffatte nuove osservazioni del Galileo, e quindi a dichiarare « se le fossero ben fondate, oppure apparenti e non vere. » E il collegio non poté esimersi dal confermare la veridicità del nostro filosofo. Convien dire che allora quei padri non vedessero tutta l'importanza di cotesta loro dichiarazione, o si sentissero sopraffatti dalla generale ammirazione che si era guadagnata il Galileo.

Durante il suo soggiorno in Roma, Galileo venne nominato membro dell'accademia de' Lincei, stata fondata nel 1603 per opera del principe Federico Cesi. Lodevolissimo era il proposito di questa associazione scientifica, quello cioè di promuovere e favorire con ogni mezzo lo sviluppo e la diffusione degli studi naturali, o positivi, come oggi si direbbero, aprendo relazioni coi dotti più accreditati d'ogni parte d'Europa, procurando di facilitare i loro scambievoli contatti, e soprattutto costituendo in ogni

dove delle società figliali de' Lincei. È rimarchevole che, secondo gli statuti di quest'accademia, essa non accettava per socio chiunque fosse vincolato ad un ordine religioso, ed eliminava dal suo grembo coloro che si facevan monachi. Il Cesi, come preside di questa associazione, col suo ingegno, col suo amore per la scienza e colla sua operosità contribuì potentemente al di lei lustro. Egli strinse intima e salda amicizia col nostro filosofo, del quale fu caldissimo ammiratore e patrocinatore: mantenne con lui attiva corrispondenza, e molto si giovò dei suoi consigli. Ma costui, sventuratamente, morì dopo non molti anni, nel 1650: e con lui può dirsi esser caduta l'accademia dei Lincei, sotto i colpi di quei possenti nemici del sapere, che poi fiaccarono lo stesso Galileo.

Poco innanzi di ricondursi a Firenze e non appena vi si restituì, il che accadde nel giugno, benchè travagliatissimo dai suoi malori, scrisse parecchie lettere di lunga lena, degne tutte di considerazione: meritano però speciale rimarco quelle a monsignor Dini, a monsignor Gallanzoni ed al padre Griembergero. In esse con singolare nerbo e vivacità di dialettica ribatte gli appunti de' suoi avversari. Valgan per saggio cotesti due brani. Nella lettera al Dini discorrendo di certi reverendi padri di Perugia, i quali si rifiutarono di guardare ai quattro nuovi astri di Giove, perciocchè li spregiavano a cagione della piccola loro mole, esce con queste belle parole: « Chi di sano intelletto mi-
 • surerà dalla sola mole la virtù e perfezione delle cose?
 • Io per me non diffiderei di poter numerare altrettante
 • cose nell'università della natura piccolissime ed effica-
 • cissime nel loro operare, quante alcuno ne potesse as-
 • segnare delle grandi. E siccome le arti, per la varietà
 • delle loro operazioni, hanno bisogno non meno dell'uso
 • delle cose piccolissime che delle grandi, così la natura
 • nella diversità dei suoi effetti ha bisogno d'istrumenti

« diversissimi per poter quelli accomodatamente produrre.
 « E chi dirà che l'âncora, per esser ferramento di così
 « vasta mole, presti uso grandissimo nella navigazione, e
 « che all'incontro l'indice magnetico, come cosa minima,
 « resti inutile e degno di niuna considerazione? Un palo
 « di ferro, accomodato a far fosse e smuover pietre, non
 « oscura il gentil uso dell'ago, col quale artificiosa mano
 « di leggiadra donna lavora vaghissimi trapunti. Che se
 « la piccolezza della mole scemasse e togliesse l'efficacia
 « od eccellenza nelle operazioni, quanto men nobile saria
 « il cuore che il polmone, e le pupille degli occhi che
 « altre parti del corpo molto grandi e carnose! Anzi pure,
 « se noi vorremo riguardare più sottilmente gli effetti della
 « natura, troveremo le più mirabili operazioni derivare ed
 « esser prodotte da mezzi tenuissimi. E discorrendo delle
 « cause motrici dei nostri sensi più perfetti, quello che ci
 « muove il senso dell'udito, e per esso trasporta in noi i
 « pensieri, i concetti e gli affetti altrui, che altro è che
 « un poco di aria increspata sottilmente dal moto della
 « lingua e delle labbra di quel che parla? E pure niuno
 « sarà che non conceda, questa leggerissima affezione dell'
 « l'aria superare di gran lunga in eccellenza e nobiltà
 « quella grande agitazione dei venti, che scuote le selve e
 « spinge i navili per l'oceano. Quale è la piccolezza e sot-
 « tilità delle specie visive, che dentro all'angustissimo
 « spazio della nostra pupilla racchiude la quarta parte del-
 « l'universo? e qual mole hanno i fantasmi che alterano
 « il nostro cervello, ora eccitando l'immaginativa a farci
 « presente quanto abbiám veduto, sentito e inteso in vita
 « nostra, ora svegliando la memoria a ricordarci di tante
 « cose passate? »

E nella lettera al Gallanzoni, toccando di alcuni argomenti meramente speculativi, messi innanzi da Lodovico delle Colombe per non riconoscere le ineguaglianze dis-

coperte da esso Galileo nella superficie del nostro satellite, così s'esprime: « Che la figura sferica sia più perfetta delle altre, che questa competa ai corpi perfetti, e che la luna, come corpo celeste, debba essere di figura sferica, e non come la terra solamente, ma tanto più liscia ed esquisita, quant'ella è corpo più eccellente della terra, discorso è questo tutto vanissimo e niuna cosa concludente; siccome pessimamente concluderebbe chi discorresse circa alla terra e dicesse: la terra è sferica, ma non perfettamente, essendo di superficie aspra ed ineguale, e pertanto quand'ella fosse liscia ed ugualissima, sarebbe allora la terra assai più perfetta di quello che l'è ora. Tal discorso è mendoso ed equivoco: perchè è vero che, quanto alla perfezione della figura sferica, se la terra fosse liscia, saria una sfera più perfetta che essendo aspra: ma, quanto alla perfezione della terra come corpo naturale ordinato al suo fine, non credo che sia alcuno, che non comprenda quanto ella sarebbe non solo meno perfetta, ma assolutamente imperfettissima. E che altro sarebbe ella che un immenso deserto infelice, vòto di animali, di piante, di uomini, di città, di fabbriche, e pieno di silenzio e di ozio, senza moti, senza sensi, senza vite, senza intelletti, ed in somma privo di tutti gli ornamenti, i quali così spettabile e vaga la rendono? Certo che saria stato un discorso mirabile quello di colui, che, mentre le acque del diluvio avevano ingombrato tutta la nostra mole terrestre, adeguando le cime dei più alti monti, si fosse posto a consigliar la natura, ch'ella convertisse in ghiaccio, o saldissimo cristallo tutta l'acqua, nè si lasciasse fuggire così opportuna occasione di perfezionare con una ben pulita e sferica superficie questo globo inferiore, rendendolo simile alla luna del signor Colombo. »

Speriamo che il lettore ci perdonerà la estensione so-

verchia di queste citazioni, a cagione della corretta ed ornata loro dizione. Imperocchè è quest'altra una dote pregevolissima dell'ingegno di Galileo, quella cioè di forbito scrittore nell'italiano idioma, in tal epoca in cui i dotti d'ogni parte della penisola stendevano le loro disquisizioni in un ibrido e soporifero latino, oppure le stemperavano in contorte o snervate frasi italiane da far rabbruscare ovver nauseare i leggitori educati alle buone fonti letterarie. E fu poi un ottimo pensiero del Galileo di volere esporre le cose scientifiche nella lingua volgare, affinché più facilmente avessero a penetrare ed a diffondersi anco fra gl'intelletti comuni. Onde gli si addice non solo la gloria d'aver percorso di lung'anni il Redi ed il Vallisnieri, ma pur quella di non esser riuscito da meno di costoro. E certo può dirsi ch'ei seppe felicemente guadagnare popolarità alla scienza, come avremo occasione di notare più innanzi.

Fu in quel torno di tempo che il Galileo immaginò e costruì un occhiale per osservare da vicino le cose piccole, chiamato di poi microscopio, in cui le lenti eran diversamente preparate e disposte che nell'occhiale adoperato già a guardare le cose lontane. Da taluni s'ascrive l'invenzione del microscopio a certo Zaccaria Jaus, occhialajo di Middleburgo, dal quale lo avrebbe tenuto il Drebbel, che pel primo l'ebbe nel 1619 e lo mostrò in Inghilterra come cosa nuova. Ma, giusta la testimonianza del Viviani, il Galileo ne aveva già, sette anni prima, inviato uno al re di Polonia. E benchè siavi chi metta in dubbio questa data del 1612, certo è però, come osserva il Libri, che alcune opere uscite in quel medesimo anno provano che così fatto stromento era sin d'allora noto in Italia. Comunque poi stia la cosa, il nostro filosofo lo ridusse a perfezione soltanto nel 1624, disponendolo in quella foggia, che per lungo tempo conservò, sotto nome di microscopio composto.

Nel predetto anno 1612 scrisse tre lettere molto estese a Marco Velsero intorno alle macchie solari, che venner poi raccolte e pubblicate per cura dell'accademia dei Lincei. In queste il Galileo rivendica a sè la priorità nella scoperta, contestatagli dal sopra ricordato gesuita Scheiner, sotto nome di finto Apelle. Dimostra poi come tali macchie esser debbano contigue alla superficie del sole; dove continuamente alcune van producendosi, ed altre si dissolvono, mentre la loro durata è molto varia, disfacendosi alcune in due o tre giorni, ed altre perdurando sin trenta e più giorni. Le loro figure sono per lo più irregolari e mutabili; or si condensano e si fanno oscure, od ora si distendono e si rendono men fosche: spesso una si divide in due od in più, ed altre, prima separate si aggregano in una sola. Hanno poi tutte un movimento regolato, per cui vengono insieme portate in giro dall'istesso corpo solare, il quale si rivolge in sè nel corso di circa un mese lunare (in oggi si precisò esser la durata di questa rotazione del sole non più di 25 giorni e mezzo), e nel medesimo senso, con cui si rivolgono i pianeti, cioè da occidente verso oriente. Insomma, coteste macchie del sole imitano in tutto i particolari offertici dalle nuvole della nostra atmosfera, le quali, pur obbedendo ai generali movimenti della terra, il diurno e l'annuo, non restano però d'andar mutando di figura e di sito tra loro, benchè entro brevi confini. Avverte altresì che tali macchie non cadono mai vicine ai poli del rivolgimento del sole, ma solamente presso il cerchio equatoriale, entro una zona non estendentesi dalle due bande di questo oltre i trenta gradi.

Nel riferire coteste diligenti osservazioni, abbiám qui procurato di usare quasi sempre le stesse parole del Galileo, poichè ne emerge che pur i moderni astronomi, benchè contemplino il sole con poderosi telescopi, ben poco di più vi sanno scorgere. E, considerando la importanza

di queste scoperte, a buon dritto egli diceva che le dovevano essere il funerale, o piuttosto l'estremo giudizio della pseudofilosofia, col qual nome ei designava le scuole peripatetiche.

Nè possiam sorpassare in silenzio alcune saviissime sue riflessioni, che troviamo nella terza di dette lettere, risguardanti i limiti ed insieme il possibile slancio dell'umano sapere. Dichiarò esser vana fatica il tentare di penetrare l'essenza vera ed intrinseca delle cose naturali; e ciò non meno per le remotissime sostanze celesti, che per le vicine sostauze elementari, poichè nell'intender di queste ultime non abbiamo altro vantaggio che la copia dei particolari, ma tutti egualmente ignoti, per i quali andiam vagando con pochissimo o niun acquisto dall'uno all'altro. « Così, ad esempio, continua egli, se, domando io qual sia la sostanza delle nuvole, mi sarà detto che è un vapore umido, io di nuovo desidererò sapere che cosa sia il vapore: mi sarà per avventura insegnato esser acqua per virtù del caldo attenuata ed in quella risolta; ma io egualmente dubbioso di ciò che sia l'acqua, ricercandolo, intenderò finalmente esser quel corpo fluido che scorre per i fiumi, e che noi continuamente maneggiamo e trattiamo. Ma tal notizia dell'acqua è solamente più vicina e dipendente da più sensi di quella che io aveva per avanti delle nuvole: e nell'istesso modo non più intendo della vera essenza della terra o del fuoco, che della luna o del sole. » Però tosto dopo ei soggiunge, quasi per mostrare il finito e pur vastissimo compito della scienza: « Ma, se vorremo fermarci nell'apprensione di alcune affezioni delle cose, non mi par che sia da disperare di poter conseguirle anco nei corpi lontanissimi da noi, non meno che nei prossimi, anzi talora per avventura più esattamente in quelli che in questi: e chi non intende meglio i periodi dei moti dei pianeti

« che quelli dell'acque di diversi mari? Chi non sa che
 « molto prima e più speditamente fu compresa la figura
 « sferica nel corpo lunare che nel terrestre? E non è an-
 « cora da taluno controverso se l'istessa terra resti im-
 « mobile o pur vada vagando, mentre che siamo certissimi
 « dei movimenti di non poche stelle? Voglio pertanto in-
 « ferire, che, sebbene indarno si tenterebbe l'investiga-
 « zione della sostanza delle macchie solari, non resta però
 « che alcune loro affezioni, come il luogo, il moto, la fi-
 « gura, la grandezza l'opacità, la mutabilità, la produ-
 « zione ed il dissolvimento, non possano da noi essere
 « apprese, ed esserci poi mezzi a poter meglio filosofare
 « intorno ad altre più controverse condizioni delle sostanze
 « naturali. »

E appunto il più sicuro proposito della filosofia natu-
 rale è quello di sbandire, come frustranea, ogni investi-
 gazione sulla essenza delle cose, e di tenersi invece al-
 l'esatto studio dei loro fenomeni, o, come dice il Galileo,
 delle loro affezioni, procurando di rilevare i legami od i
 rapporti che tra essi sussistono. In breve, la scienza mo-
 derna va debitrice al Galileo d'aver appreso a non cercar
 più oltre la fenomenalità delle cose. La qual massima me-
 todica per le scienze fisiche corrisponde a quella innova-
 zione che, due secoli dopo, il Kant intese importare nelle
 scienze filosofiche. E appunto, dietro un tale indirizzo, la
 fisica, svincolata dalla metafisica e dalla teologia, e lasciate
 quelle futili quistioni sulle qualità prime ed essenziali dei
 corpi, le quali in allora costituivano da sole quasi tutta
 la scienza, poté rapidamente inoltrarsi nella conoscenza
 empirica della natura. Il materiale della scienza, che prima
 si cavava dai libri d'Aristotile e dei suoi commentatori,
 fu invece ricercato nella minuta analisi dei fenomeni, os-
 sia delle proprietà sensibili dei corpi; e la dottrina scien-
 tifica, che dianzi si risolveva in un artificioso ordinamento

dei diversi principii meramente speculativi, o meglio diremmo fantastici, fu di poi riposta nella cognizione dei rapporti di successione e di grandezza sussistenti tra le dette proprietà; rapporti che si denominan leggi, e che di solito vengono svelati la mercè del calcolo applicato ai dati sperimentali. E, quando si conoscano davvero cotesti rapporti, s'arriva alla previsione dei fatti, che è il più alto proposito, cui possa mirare la filosofia naturale. Epperò ben disse il Galileo, che, dove la metafisica della geometria sta negli assiomi e nei postulati, quella della fisica sta invece nelle osservazioni e nelle esperienze.

E ancora in tal anno pubblicò una lunga e pregevolissima scrittura intorno alle cose che stanno in su l'acqua e che in quelle si muovono, sotto forma di discorso indirizzato al granduca, alla quale serve di appendice la lettera al Nozzolini, data fuori poco dopo. V'ha di che meravigliare, pensando alla singolar vigoria e versatilità dell'ingegno di costui che, mentre sembrava dedito tutto allo studio dei fenomeni celesti, volge d'un tratto la sua mente alle dottrine d'idrostatica, e subito le rischiara d'una luce vivissima. E, quasi a conferma del precedente asserto del Galileo, possiamo notare che i fenomeni di equilibrio e di moto dei liquidi e dei solidi in essi nuotanti, i quali, pur capitano sotto i nostri sensi in modo ben più ovvio che non i moti dei corpi celesti, non erano perciò ai suoi tempi meglio studiati o conosciuti di questi ultimi: poichè da Archimede fino a quei giorni l'idrostatica non aveva progredito che d'un sol passo, grazie all'osservazione fatta dallo Stevino (che morì nel 1653), essere cioè la pressione esercitata da un liquido sul fondo d'un vaso unicamente dipendente dall'altezza del livello di tal liquido sovra il fondo medesimo, epperò affatto indipendente dalla configurazione delle pareti laterali dello stesso vaso. Anzi quei principii, che già eransi dimostrati dal geometra siracu-

sano, giacevano o dimenticati o frantesi dalle scuole filosofiche d'allora. E pertanto fu opera assai commendevole del nostro autore d'aver richiamato questo importante ramo di scienza ai giusti suoi fondamenti.

Alcuni peripatetici volevano, col loro maestro, sostenere che la figura dei solidi posti in sull'acqua abbia influenza nel farli andare a fondo, o non piuttosto nel farli galleggiare. A confutare questa falsa tesi egli mette innanzi il principio d'Archimede, che l'unica cagione, per la quale alcuni solidi discendono al fondo nell'acqua è l'eccesso della loro gravità in ispecie (intendendo con ciò i pesi di moli eguali de' diversi corpi) sopra quella dell'acqua: e all'incontro l'eccesso della gravità in ispecie dell'acqua sopra quella di altri solidi esser cagione che questi non discendano, anzi che dal fondo si elevino e sormontino in parte alla superficie. Ma il Galileo seppe dare di questa proposizione una nuova dimostrazione più elegante e più generale di quella seguita da Archimede, giovandosi cioè del principio che due pesi eguali, mossi con eguale velocità, sono di momento eguale nel loro operare, e che due pesi diseguali si equilibrano, ossia si rendono di momento eguale, qualora sieno essi in proporzione reciproca alla velocità dei loro moti, e facendo altresì osservare che i pesi assoluti dei solidi sono in proporzione composta delle loro gravità in ispecie e delle loro moli. Dimostra in seguito che, posto un solido meno grave in ispecie dell'acqua in un vaso di qualsivoglia grandezza, e confusagli attorno acqua sino a tale altezza che tanta acqua in mole, quanta sia la parte del solido sommersa, pesi egualmente quanto tutto il solido, egli da tale acqua sarà giustamente sostenuto, sia poi quest'acqua in quantità immensa o pochissima; cosicchè un tal solido, benchè di peso assoluto fosse mille libbre, potrebbe da dieci libbre d'acqua e meno essere innalzato: e all'opposto un solido

più grave in ispecie dell'acqua non potrà da qualsivoglia quantità di questa essere sostenuto. Prova più innanzi con argomenti e sperimenti assai ingegnosi esser minima la resistenza che oppone l'acqua al venire spostata e rimossa dai solidi posti entro di essa, e che la diversità della figura de' solidi non può essere cagione in modo alcuno dell'andare di questi al fondo o dello stare a galla: soltanto l'ampiezza della figura può rallentare il moto di scesa o di salita del solido, senza però poter mai giungere a tale da impedire totalmente il moto.

E qui si trattene alquanto per toglier di mezzo l'apparente smentita che riceve cotesto principio dal fatto che una sottil lamina di ebano ed anche di metallo, posta in sull'acqua, può mantenersi a galla, tuttochè più grave in ispecie di quest'ultima: sul qual proposito ei rimarca che pur da questo fatto sarebbe contraddetto l'asserto dai peripatetici, che cioè la tavoletta resti a galla per la di lei impotenza a soverchiare la resistenza dell'acqua, mentre, osservando per bene il fenomeno, apparirà che la laminetta non solo avrà penetrata l'acqua, ma starà sensibilmente più bassa che la superficie di questa, la quale intorno intorno si tiene eminente e gli fa quasi un argine entro la cui profondità, oltre il solido, riman compreso uno strato d'aria; cosicchè in questo caso il corpo, che tende a discendere e che rimuove l'acqua, non è la sola tavoletta, ma bensì un composto della materia di essa e di aria, la cui gravità riesce minore di quella dell'acqua spostata; che se si separerà l'aria dalla superficie della laminetta cui sta aderente, col bagiar questa anco sottilmente, tosto si vedrà l'acqua circonfusa scorrervi sopra senza intoppo e ricevere in sè il solido, il quale calerà al fondo. Avverte di poi diversi fenomeni che provano una forza di aderenza fra le superficie dei corpi messi a contatto e in tal atto sembra alludere all'attrazione moleco-

lare, chiamandola « una virtù calamitica; la quale con salda
 « copula congiunge i corpi che squisitamente si toccano
 « senza interposizione di fluidi. » E più oltre dimostra che
 è possibile formar solidi di qualsivoglia grandezza e di
 qualsivoglia figura, i quali per loro natura vadano al fondo,
 ma con l'aiuto dell'aria contenuta nell'accennato arginetto
 restino senza sommergersi. Infine con vigorosa ed acuta
 dialettica combatte parecchie proposizioni azzardate su que-
 sti argomenti da Aristotile con la consueta sua solennità.
 Ed in tutto il corso di questa polemica, quasi per non
 istancare di troppo la mente de' lettori, ei va illustrando,
 e sempre con fino accorgimento, diversi altri fatti fisici,
 ed additando alcune utili applicazioni delle cose discorse.
 È questa un'arte tutta propria del Galileo, per cui anco
 nell'opere di più lunga lena e di più astruso argomento
 ei sa mantener sempre viva l'attenzione del lettore, chia-
 mandolo con interesse da uno ad altro passo. Quanto poi
 allo special pregio scientifico di questo discorso, basti il
 dire che il celebre Lagrange dichiarò che in esso Galileo,
 inventore del principio delle velocità virtuali, ne dedusse
 i principali teoremi d'idrostatica.

Nella lettera al Nozzolini, nella quale scioglie alcune
 difficoltà state mosse al precedente scritto, troviamo chia-
 ramente accennata la coesione propria delle molecole li-
 quide, col dire che « le minime particole dell'acqua re-
 » sistono al separarsi ed allo staccarsi, come accade a
 « tutti gli altri corpi che si toccano » ed in pari tempo
 vediam fatta la importante distinzione tra la scorrevolezza
 e mobilità delle molecole fluide e la loro coesione: « io
 « fo grandissima differenza, ei dice, tra il separare intera-
 « mente due corpi che si toccano, e l'andar essi mutando
 « i punti di contatto: come se, per esempio, s'immagi-
 « nasser due perfettissime sfere di calamita toccantisi,
 « queste resisterebbero molto al separarsi l'una dall'altra,

« ma non farebbero sensibile resistenza al soffregarsi in-
 « sieme mutando in mille modi i loro toccamenti, purchè
 « altri non le volesse staccare. Ora così s'immagini esser
 « l'acqua un aggregato d'innumerabili sferette, minori di
 « ogni nostra immaginazione, le quali, toccandosi, ed es-
 « sendo assolutamente rotonde, niuno contrasto fanno nel-
 « l'andar permutando i loro toccamenti, purchè non resti-
 « no prive di altri simili; ma resistono bene alquanto,
 « quando una parte di loro si ha totalmente a staccare e
 « separare dall'altre. » Insomma, per usare il linguaggio
 de' fisici moderni, Galileo riconosce fra le molecole de' li-
 quidi operare sensibilmente la coesione, ed esser poi in-
 sensibile quella forza d'orientazione, che si mostra pur ef-
 ficace tra le molecole dei solidi. Sono queste ed altre in-
 gegnosissime sue vedute, che rivelano in lui la mente del
 filosofo e del fisico perspicacissimo.

Infine in quel medesimo anno 1612, egli riesci a de-
 terminare con molta approssimazione le durate delle rivo-
 luzioni periodiche di ciascheduno dei quattro satelliti di
 Giove, per modo che colle tavole dei loro moti medii da
 esso costrutte, potevansi presagire con bastevole precisione
 per molti mesi ed anni le rispettive posizioni da essi te-
 nute in ciascun giorno, anzi in ciascuna ora del giorno.
 Non è a dirsi quali e quante laboriose ed accurate osser-
 vazioni gli fossero state necessarie per giungere a siffatte
 determinazioni cogli scarsissimi sussidi teorici e meccanici
 che allora possedeva la scienza astronomica; mentre in
 oggi colla scorta delle leggi di Keplero e di Newton, e coi
 perfettissimi strumenti con cui si misurano i moti angolari
 degli astri, coteste ricerche sono oltremodo agevolate. Or
 bene, il Galileo, immaginò di giovarsi di tali sue determi-
 nazioni per risolvere il difficile problema della longitudine
 dei luoghi, che è pur di sommo interesse per i naviganti.
 E quindi in detto anno egli aprì colla corte di Spagna

le prime sue trattative, per rivelare un così importante suo trovato; trattative, che, cadute allora infruttuose, furono di poi riprese con quella medesima corte e con altri stati, quand' egli ebbe ancor meglio perfezionate quelle sue tavole, ed immaginati alcuni nuovi artifici per osservare que' satelliti e per misurare il tempo, come diremo tra poco. Intanto noi ci teniam certi che chiunque vorrà ripensare ai molti e svariati lavori compiuti dal Galileo nel breve corso di un solo anno, non potrà non meravigliare per la fecondità straordinaria del suo ingegno, e per la singolare operosità ch' egli dispiegava nelle osservazioni e negli studii, stimolato, com' egli era di continuo, da un amore fervorosissimo e forse unico per la scienza.

III.

La fama in vero straordinaria che levò di sè il Galileo, sì per le molte e sorprendenti sue scoperte, che per le calorose polemiche da lui sostenute contro i peripatetici, punse più che mai al vivo la boria de' falsi dotti del suo tempo: laonde costoro, volendo per qualunque via toglierlo di mezzo, s'adoperarono a tutto potere per metterlo in disgrazia del suo principe e per iscreditarlo presso il volgo. E vedendo essi di non saper combatterlo con argomenti scientifici, si fecero a perseguitarlo con le armi della superstizione. Epperò, stringendo segnatamente le loro declamazioni in sul proposito del sistema copernicano, allora apertamente propugnato dal Galileo, nè avendo salde ragioni da opporvi, ricorsero all' autorità della Bibbia e dei decreti ecclesiastici, onde far sentenziare eretico chiunque sostenesse la mobilità della terra. Cosicchè fu necessario che il Galileo si ponesse a difendere la tesi di Copernico anche da queste insidiose imputazioni.

Benchè di nuovo e gravemente travagliato da malat-

tie, dal 1613 al 1615 scrisse diverse lettere in appoggio di quel sistema; una al padre Castelli, due a monsignor Dini ed una alla duchessa Cristina, madre del principe Cosimo II. Dalle quali lettere è facile rilevare che il principe stesso, benchè mostrasse d'amare e di stimare il suo matematico, era però ancor giovane e d'indole sì poco risoluta, da lasciarsi impaurire dalle maligne voci, che dipingevano il Galileo come persona pericolosa e biasimevole per le sue opinioni contrarie alla fede e per la pertinacia che metteva nel sostenerle. Sgraziatamente sul finire del 1613 moriva Belisario Vinta, segretario del granduca, uomo abbastanza illuminato e deciso patrocinatore del nostro filosofo, e gli succedeva Valerio Cioli, persona di niun merito, e piuttosto avversa ad ogni cosa tendente al civile progresso d'uno stato; cosicchè presero allora maggiore ardire i nemici di Galileo, e crebbe d'assai l'influenza de' padri religiosi sugli animi inesperti e troppo timorosi della madre e della moglie del granduca. E dai pulpiti si scagliarono replicate invettive e contro la dottrina del Copernico e suoi seguaci, e più ancora contro i matematici e la matematica stessa: e quand'anco, come scrive il Galileo, nè egli nè i suoi aderenti non avesser fatto un minimo moto o risentimento sopra gl'insulti, di che fu con non molta carità aggravato, non pertanto non s'acquietarono le eccessive ire di coloro: anzi cercarono ogni appiglio per lacerare il suo nome; dissero piena di eresie la lettera da lui scritta al Castelli, e cominciarono ad ordire anche presso la corte di Roma le fila di una loro trama per far dannare il libro di Copernico e la sua dottrina.

Ecco, per un esempio, di qual natura si fossero le asserzioni contenute in detta lettera al Castelli e qualificate per mostruose eresie: « Siccome nella Scrittura si trovano molte proposizioni, delle quali alcune, quanto

« al nudo senso delle parole, hanno aspetto diverso dal
 « vero, ma sono poste in cotal guisa per accomodarsi al-
 « l'incapacità del volgo, così è necessario che i saggi
 « espositori producano i veri sensi, e additino le ragioni
 « particolari, perchè sieno cotali parole proferite. Poichè,
 « quando volessimo fermarci sempre nel puro significato
 « delle parole, sarebbe necessario dare a Dio mani, piedi
 « orecchie, e non meno affetti corporali che umani, come
 « d'ira, di pentimento, d'odio, e ancora talvolta d'obli-
 « vione delle cose passate e d'ignoranza delle future. Anzi,
 « se per questo solo rispetto di accomodarsi alla capacità
 « degli uomini rozzi, la Scrittura non s'è astenuta d'a-
 « dombrare i suoi principalissimi dogmi, attribuendo all'i-
 « stesso Dio condizioni lontanissime e contrarie alla sua
 « essenza, chi vorrà sostenere che ella, posta da banda
 « cotale rispetto, nel parlare anco incidentemente della
 « terra o del sole o d'altra cosa creata, abbia eletto di
 « contenersi con tutto rigore ne' ristretti significati delle
 « parole? All'incontro essendo la natura, come esecutrice
 « degli ordini di Dio, inesorabile ed immutabile, e nulla
 « curante che le sue recondite ragioni e modi di operare
 « siano o non siano esposti alla capacità degli uomini,
 « perlocchè ella mai non trasgredisce il termine delle leggi
 « impostele; pare che, quanto agli effetti naturali che o
 « sensata esperienza ci pone avanti gli occhi, o le neces-
 « sarie dimostrazioni ci concludono, non abbiano in senso
 « alcuno ad esser rivocati in dubbio, per luoghi della Scrit-
 « tura che avessero mille parole diverse stiracchiate: poi-
 « chè non ogni detto della Scrittura è legato ad obblighi
 « così severi come ogni effetto della natura. »

Quindi, a suo credere, nelle dispute matematiche ed
 astronomiche l'autorità della scrittura deve esser riservata
 nell'ultimo luogo: anzi egli stimava prudentemente fatto,
 che nelle discussioni su le cose naturali non s'avessero

in niun conto ad impiegare i luoghi della Scrittura, onde non accada di far da essi sostenere per vere alcune conclusioni, delle quali di poi l'esperienza e le ragioni dimostrative ci potessero manifestare il contrario. Poichè, egli soggiunge, chi vorrà porre un termine agli umani ingegni? E chi vorrà asserire essersi già veduto e saputo tutto quello che è al mondo di sensibile e di scibile? Impertanto in tutta questa lettera il Galileo si mostra quale un avveduto e prudente critico, come forse non ne contava il campo dei teologi protestanti, e si mostra altresì penetrato dal pensiero dell' indefinito progredimento delle scienze. In breve egli si dà a dividere per quello che egli era, vogliam dire per un vero filosofo.

E più ancora nella lettera alla granduchessa madre, volendole cavar di mente ogni menomo sospetto che la fede avesse a soffrire qualche detrimento dal sistema copernicano, si fa con rara erudizione a citarle non pochi luoghi de' più rispettati dottori della Chiesa; e quindi a provarle quanto fossero ingannevoli i discorsi di coloro, che, facendosi scudo di un simulato zelo di religione, e volendo pur interessare la Scrittura col farla in certo modo ministra de' loro non sinceri proponimenti, si giovavano, con ben poca intelligenza, della di lei autorità per confutare delle ragioni che non erano da essi nè intese, nè sentite. Avverte poi che, ove s' avessero a tener per autorevoli tutte le asserzioni che potessero in qualunque modo appoggiarsi con qualche passo della Scrittura, bisognerebbe in breve tempo vietare tutte le scienze speculative. « Poichè, egli dice, essendo per natura il numero degli uomini poco atti all' intender perfettamente e la Scrittura e le altre scienze maggiore assai del numero degli intelligenti, i primi, scorrendo superficialmente la Scrittura, si arrogerebbero di poter decretare sopra tutte le quistioni naturali, in vigor di qualche parola da loro male intesa,

« ed in altro proposito prodotta dagli scrittori sacri. Nè
 « potrebbe il piccol numero degli intendenti reprimere il
 « furioso torrente di quelli, i quali troverebbero tanto più
 « segnaei, quanto il potersi far reputare sapienti senza
 « studio e senza fatica, è più soave che il consumarsi
 « senza riposo intorno a discipline laboriosissime. »

Or veggasi se a caso s'è da noi detto più sopra essere stato il Galileo uno dei più audaci campioni della libertà filosofica. E tra breve avremo novelle e più chiare prove della sua perseveranza e devozione nel combattere per questa causa santissima. Da questo punto in avanti può dirsi che ogni atto della sua vita sembra diretto anzitutto a far trionfare il principio della assoluta indipendenza della naturale filosofia da ogn' altra autorità, che non riposi o su la esperienza o su le necessarie ragioni della matematica; tanto per un tale intento egli non curavasi d'incontrare patimenti e persecuzioni d'ogni sorta.

Nella seconda delle summenzionate lettere a monsignor Dini troviamo designato con ingegnose parole il calor solare e le sue svariate ed efficaci influenze ne' fenomeni naturali: « Nella natura parmi si ritrovi una sostanza, « spiritosissima, tenuissima e velocissima, la quale, diffondendosi per l'universo, penetra per tutto senza contrasto, riscalda, vivifica e rende feconde tutte le creature « viventi: e di questo spirito par che il senso stesso ci « dimostri il corpo del sole esserne ricetta principalissimo, « dal quale espandendosi un' immensa luce nell' universo, « accompagnata da tale spirito calorifico e penetrante per « tutti i corpi vegetabili, li rende vivi e fecondi. Questo « ragionevolmente stimar si può esser qualche cosa di più « del lume, poichè ei penetra e si diffonde per tutte le « sostanze corporee, benchè deusissime, per molte delle « quali non così penetra essa luce. Talchè, siccome del « nostro fuoco vediamo e sentiam uscir luce e calore, e

« questo passar per tutti i corpi, benchè opachi e solidis-
 « simi, e quella trovar contrasto dalla opacità e solidità,
 « così l'emanazione del sole è lucida e calorifica, e la
 « parte calorifica è la più penetrante. »

Noi non crediamo che un fisico moderno potesse con più acconce parole descrivere l'operosità tutta propria di quella forza o di quel principio, che chiamasi calore, senza del quale ogni corpo naturale sarebbe privo di moto, e potrebbe tenersi per assolutamente inerte. Ben è vero che la luce vale a trapassare con rattissimo moto gli sterminati spazii del cielo, e quindi a renderci avvertiti della esistenza degli oggetti i più remoti da noi; laddove il calore del sole e delle stelle non sembra stendere a così immenso raggio la sfera della sua efficacia. Ma noi crediamo che codesta superiorità del principio della luce su quello del calore sia soltanto apparente, cioè unicamente cagionata dalla singolar perfezione dell'organo, su cui opera la luce in confronto del senso del calore, onde ci è dato percepire il più fievol raggio di luce, mentre non ci avvediamo della presenza di ben più intensi raggi di calore. E neppur crediamo che i sussidii validissimi, che già la scienza apprestò al senso della vista col telescopio, col microscopio e col polariscopio, possano reggere a petto dell'ajuto dato al senso del calore col termoscopio ad aria ed anco col termo-moltiplicatore elettrico. Che se con l'occhio della mente ci faremo a considerare la continua diffusione del calore da corpo a corpo, la propagazione di esso nell'interno d'ogni sostanza, e l'operare suo incessante per tener divise ed agitate le molecole de' corpi tutti, producendo in esse continue mutazioni di volume, di struttura, di stato fisico e persino di costituzion chimica, talchè i corpi inorganici, in simil modo degli organizzati, si mostran dotati di qualche interna attività, certo non potremo negare la preminenza della forza calo-

rifica su quella del lume. E pure per questo riguardo stimiamo la filosofia del Galileo assai meno fantastica di quella che dominava a' suoi giorni, nella quale, forse ancora per riverenza ad un detto della Scrittura, si teneva la luce in ben più alto conto del calore: essendo che vediamo essere in vero ammirande quelle naturali operazioni, che la scienza discoperse, da che si diede a perscrutare con diligenza i fenomeni del calore, i quali pei nostri sensi riescono molto più ascosti di quelli della luce.

Intanto gli avversarii del Galileo ponevano ogni impegno per condurre a fine la trama da essi tesa, perchè fosse messo all'indice de' libri condannati dalla Chiesa l'opera del Copernico, coll'intento che nessuno più ardisse di pronunciarsi in favore. Però egli conobbe che questo colpo doveva riuscirgli assai pregiudicevole, venendogli con ciò incagliata ogni via per dare corso e compimento alle sue idee ed alle sue opere: e quindi sul finir di novembre del 1615 si risolse di recarsi a Roma nella lusinga di poter raddrizzare i precipitati giudizi già formati da molte delle persone più influenti presso la corte romana, in odio al sistema copernicano.

Forse a deciderlo a questo passo ebbe qualche parte il desiderio suo di vedersi reintegrato nel buon affetto del suo principe, il quale allora si mostrava verso di lui alcun po' raffreddato, dietro le istigazioni de' cortigiani, che, volendo mantenersi nelle grazie della curia romana ed insieme del volgo, guardavano al Galileo come ad un promotore di scandali. E ad appoggiare questo dubbio concorre l'aver egli dovuto indirizzare da Roma una serie di lettere a Curzio Picchena, segretario aggiunto di corte, uomo però di sensi più liberi del Cioli, onde tenerlo minutamente informato di ogni cosa che gli accadeva di conseguire colà. Da queste lettere appare che in sul principio il Galileo aveva concepita molta speranza di poter

rinscire a bene, secondo il suo intento, essendogli stata fatta cortese accoglienza da parecchi prelati, i quali facevano le viste di intendere le sue ragioni, e di acquietarsi. Ma in breve dovette accorgersi che le accuse e le calunnie mossegli da' suoi nemici avevano già fatta troppo profonda impressione sull'animo de' cardinali e de' padri inquisitori.

Fra l'altre cose si mostravano sì poco instrutti, da attribuire al Galileo come nuova e tutta sua quell'opinione, che era stata proposta già da diversi antichi filosofi, e validamente sostenuta dal Copernico in un'opera pubblicata già più di settant'anni prima e dedicata a papa Paolo III: oppure dicevano che lo stesso Copernico non tenesse per vera la mobilità della terra, mentre tutti e sei i suoi libri delle celesti rivoluzioni riposano appieno su quella dottrina. Altri susurravano che il matematico del granduca pe' suoi enormi delitti fosse caduto in disgrazia del suo principe, onde il proceder senza riguardo alcuno contro di lui sarebbe stato non solamente senza disgusto del granduca, ma che anzi sarebbe a questi gradito di vederlo castigato da altri anche delle offese recate alla sua persona: cosicchè gli convenne mostrare in ogni luogo le commendatizie, delle quali era munito.

Certo Tommaso Caccini, frate domenicano, era uno de' più ardenti nemici del nostro filosofo: in una predica che pronunziò dal pergamo della cattedrale di Firenze, prendendo le mosse dal testo *Viri Galilæi, quid statis adspicientes in cælum?* venne a conchiudere, la matematica essere un'arte diabolica, ed i matematici, come autori di tutte le eresie, doversi scacciare da tutti gli stati. Ecco a quali eccessi pervenissero gl'ignoranti difensori dei testi scritturali! Eppure questo frate, tanto era vigliacco e tristo, che, chiesto ed ottenuto dal Galileo un particolare colloquio, cercò con ogni sommissione di scu-

sare l'operar suo, offrendosi pronto a dargli ogni soddisfazione; ed all'incontro, subito dopo, si diede, coll'ajuto de' molti suoi aderenti, ad incalzare presso il sant'ufficio quella decisione, ch'egli stesso aveva suggerita!

Ad accrescere le difficoltà della posizione di Galileo in Roma, s'aggiunse che Piero Guicciardini, il quale allora dimorava colà in qualità d'ambasciatore del granduca, non era punto favorevole al nostro filosofo. È degna di rimarco una lettera scritta da questo ambasciatore al suo principe per dargli informazione della sentenza in que' dì emanata dalla congregazione dell'indice. Vi si rileva apertamente che le lettere e le scienze erano allora avversate dalla corte romana; e così fatta testimonianza su questo riguardo è tanto più attendibile in quanto che ci viene da persona per nulla prevenuta in favore del Galileo. Ecco le parole del Guicciardini: « Egli (il Galileo) « s'infuoca nelle sue opinioni ed ha estrema passione « dentro, e poca forza e prudenza a saperla vincere, « talchè se gli rende molto pericoloso questo cielo di « Roma, massime in questo secolo, nel quale il principe « di qua (Paolo V), che abborrisce belle lettere e questi « ingegni, non può sentire queste novità, nè queste sottigliezze, e ognuno cerca accomodare il cervello e la natura a quella del principe: sicchè anche quelli che « sanno qualcosa e son curiosi, quando hanno cervello, « mostrano tutto il contrario per non dare di sè sospetto, e ricevere per loro stessi malagevolezze. » Mentre il cortigiano biasima la franchezza del filosofo, noi dobbiamo dar lode a quest'ultimo, il quale già da quattro mesi metteva in opera ogni mezzo di persuasione e di dimostrazione, per difendere, com'egli diceva « la causa « comune di tutti i letterati. »

Ma tutti questi suoi sforzi caddero frustrati, poichè il 5 marzo 1616 uscì un decreto della congregazione, col

quale si dichiarava « falsa e perniciosa alla verità cattolica la dottrina della mobilità della terra », si sospendeva, sinchè venisse corretta, l'opera di Copernico, e si proibivano e condannavano tutti gli altri libri che insegnassero la medesima dottrina. Eppure il Galileo si lusingava cionondimeno di poter ancora convincere della verità i suoi avversarii, e quindi avrebbe voluto trattenersi più a lungo in Roma. Ma il Guicciardini, che meglio conosceva le persone, scriveva ancora al granduca: « che
 « il Galileo è d'un umore fino da scaponire i frati, e
 « combattere con chi egli non può se non perdere: però
 « un poco prima o poi sentirà che sarà cascato in qualche
 « stravagante precipizio. » Laonde il Picchena scrisse tosto al Galileo: « V. S. che ha assaggiato le persecuzioni
 « fratine, sa di che sapore elle sono, e le AA. LL. temono
 « che lo star V. S. in Roma più lungamente possa causarle de' disgusti, e però loderebbero, che, essendosene
 « ella finora uscita con onore, non istuzzicasse più il
 « cane che dorme, e che se ne tornasse quanto prima
 « qua, perchè vanno attorno delle voci che non ci piacciono, e i frati sono onnipotenti. » Pertanto il nostro filosofo, sconsolato, se ne tornò a Firenze sulla fine di maggio.

Ripigliò allora le trattative già iniziate, come si disse sopra, con la corte di Spagna, per esibirle il metodo da lui ideato a ritrovare le longitudini de' luoghi. Ma ancor queste negoziazioni, benchè appoggiate dagli agenti del granduca presso quella corte, non riescirono a buon fine, forse perchè i ministri spagnuoli, mal comprendendo le idee del Galileo, e diffidenti di troppo, temevano d'avere a trattare con un furbo che li volesse gabbare. Eppure egli era giunto a superare la principale delle oppostegli difficoltà, quella cioè di valersi comodamente del cannocchiale per osservare su di una nave i satelliti di Giove,

in onta alle agitazioni della medesima: poichè nel marzo del 1617 immaginò uno stromento, denominato celata o testiera, che, adattato sul capo dell'osservatore, impegnava uno solo de'suoi occhi in un tubo, sicchè, rivolgendolo ad un oggetto l'altro occhio che era libero, veniva a dirigersi verso di quello anche l'occhio armato; istrumento ch'egli sperimentò nel porto di Livorno con ottimo successo. E di più, all'uopo di viemmeglio perfezionare le tavole da lui preparate dei moti medii dei detti satelliti, negli anni decorsi nel mezzo di tali trattative aveva di continuo (tranne qualche breve interruzione, motivata dalle frequenti sue malattie o da'suoi viaggi) osservate le variazioni nelle posizioni relative de' satelliti medesimi, dalle quali deduceva la estensione delle loro orbite e la durata delle loro rivoluzioni.

Il che emerge dai registri delle osservazioni e dei relativi calcoli, stesi dal Galileo dal 1610 al 1619, e che ora per la prima volta escono alla luce, commentati assai diligentemente, per opera dell'Albéri. Egli mostra, e ci pare con plauso, che ne' manoscritti palatini da lui decifrati e riordinati, si riscontrano tutti gli studi fatti dal nostro filosofo su questo argomento, che dianzi si credevano perduti. La natura di questo periodico non ci permette di entrare ne' voluti particolari per far conoscere ai lettori, sia le molte difficoltà del lavoro lodevolmente compiuto dall'Albéri, sia il pregio dei detti studi del Galileo. Vogliam solamente avvertire che quest'ultimo, con facile costruzione geometrica, dalle distanze apparenti dei satelliti dal centro del pianeta seppe dedurre la posizione loro nelle rispettive orbite; e che di più non tralasciò di correggere le fatte osservazioni dell'effetto delle continue mutazioni nelle posizioni di Giove rispetto alla terra, mentre ancora con una semplice costruzione geometrica seppe dedurre dalle posizioni de' satelliti osservate dalla terra

quelle che si rileverebbero dal centro del sole. A dar poi un'idea dell'approssimazione, cui giunse l'insigne fiorentino nella determinazione delle durate delle rivoluzioni dei detti satelliti di Giove, riporteremo qui quelle che emergono dalle ultime sue tavole, facendole seguire da quelle assegnate da' moderni astronomi: per il primo satellite giorni 1. 18'. 28" - 1s. 18'. 28"; per il secondo 3s. 13'. 17" - 3s. 13'. 4"; per il terzo 7s. 3'. 38" - 7s. 3'. 43"; e per il quarto 16s. 18' - 16s. 16' 52". Le differenze adunque tra questi dati non sono che di pochi minuti secondi di tempo; epperò ancora sorprendenti, attesa la imperfezione dei mezzi di osservazione, di cui poteva disporre il Galileo, siccome si notò più sopra. Riuscite poi a vuoto le dette negoziazioni, egli non proseguì più oltre coteste penose osservazioni, che già gli avevan logorato anche di troppo la sanità.

Nel 1618 si mostrarono nel cielo tre comete, e quindi i filosofi di quel tempo presero a discutere su la natura di queste apparizioni. Il Galileo, allora obbligato al letto dalla gravetza de' suoi mali, non poté osservarle direttamente e studiarne i moti e le apparenze. Non seppe però astenersi dal pigliarle in considerazione col puro raziocinio, facendosi ad esaminare alcune pubblicazioni de' peripatetici. Laonde agli amici che lo visitavano comunicò diversi suoi riflessi, che venner raccolti e dati in luce per cura di Mario Guiducci, suo discepolo, sotto il titolo di discorso su le comete. Questo sembrava anzitutto rivolto a confutare un altro discorso del padre gesuita Orazio Grassi, membro del collegio romano. Il Grassi, sotto finto nome di Lotario Sarsi, rispose con un nuovo scritto, intitolato *Libra astronomica e filosofica*, in cui il Galileo veniva singolarmente preso di mira e bistrattato con aspre parole. Allora il nostro filosofo compose uno de' suoi più stimati lavori polemici, il Saggiatore, che fu pubblicato

per cura dell'Accademia de' Lincei, nell'ottobre del 1623, e dedicato a papa Urbano VIII (Maffeo Barberini, già amico del Galileo), di recente eletto. L'Algarotti diceva esser questa la più bell'opera polemica che abbia avuto l'Italia. Peccato che la tesi principale in essa sostenuta fosse erronea! La grande eccentricità dell'orbite delle comete, le notevoli variazioni nella velocità del loro moto riferito al sole, la direzione del loro movimento spesso opposta a quella del moto de' pianeti, le strane mutazioni nella loro figura, il trasparir delle stelle attraverso il loro spessore, e forse soprattutto il non aver potuto studiarle co' suoi proprii occhi, come dicemmo, gli fecero giudicare poco probabile l'opinione, già sostenuta da Ticone, che le comete fossero degli astri rivolgentisi attorno il sole. Egli scorgeva maggiore analogia tra le comete, l'aurore boreale, le macchie solari, l'iride e le corone lunari, che fra le comete ed i pianeti; epperò stimava più probabile il supporre che le esalazioni vaporose, raccolte e condensatesi negli spazii celesti, ed illuminate dal sole, vi producessero l'apparenze delle comete. Avvertiamò però ch'egli, accorgendosi d'essere nel campo delle ipotesi, dichiarò ripetutamente che metteva innanzi una pura opinione e non una cosa, della quale fosse risolutamente certo: quindi invitava il suo avversario a provare dapprima la supposta somiglianza tra pianeti e le comete, ed a determinare le distanze di queste col metodo delle parallassi adoperato per quello. Si noti di più che l'opinione qui appoggiata dal Galileo, fu pur sostenuta da astronomi e fisici assai celebri, anco posteriori a lui, come ad esempio, da Keplero, da Snellio, da Evelio e da D. Cassini, il qual ultimo poi, studiando i moti delle comete apparse negli anni 1664 e 1665, venne a convincersi dell'opinione contraria.

IV.

Così feconda e perspicace era la mente del Galileo, che, quantunque mal si apponesse sul punto principale della discussione, il Saggiatore riesce pur tuttavia ai dì nostri ad interessare vivamente i lettori. Ad ogni passo s'incontrano nuove e sagaci osservazioni su diversi fenomeni astronomici e fisici, ed assai giudiziosi riflessi su la via da seguirsi e su gli artifizii da adoperarsi nello studio dei fatti naturali, cosicchè troppo lunga cosa sarebbe il voler qui accennarne pur soltanto i punti più rimarchevoli. Però ci limiteremo a notare un luogo dove troviamo abbastanza chiaramente accennati alcuni principii, l'invenzione dei quali suolsi dagli storici attribuire ad altri. Prendendo in esame una celebre proposizione d'Aristotile, il moto esser causa di calore, il Galileo comincia col riflettere esservi nei corpi talune qualità che ci sembrano realmente in essi risidenti, ed altre che hanno dipendenza anzi tutto dalla speciale organizzazione de' nostri sensi. « Io ben sento tirarmi dalla necessità, « così egli, subito che concepisco una sostanza corporea, « a dover concepire insieme ch'ella è terminata e figurata « di questa o di quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch'ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch'ella si move o sta ferma, « ch'ella tocca o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, « poca o molta; nè per veruna immaginazione posso separarla da queste condizioni: ma ch'ella debba essere « bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato od ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata. Per lo che io vo pensando, che questi « sapori, odori, colori, suoni, ecc., per la parte del sog-

« getto, nel quale ci par che riseggon, non siano altro
 « che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel
 « corpo sensitivo, sicchè, rimosso l'animale, sieno levate
 « ed annichilate tutte queste proprietà: e pertanto io credo
 « che per eccitare in noi i sapori, gli odori, i colori ed i
 « suoni non si richiegga altro ne' corpi esterni che gran-
 « dezze, figure, moltitudini e movimenti tardi o veloci. »
 E, rischiarate di poi coteste sue asserzioni con molte av-
 vedute spiegazioni sul meccanismo delle diverse sensazio-
 ni, aggiunge: « Io inclino assai a credere che il calore
 « sia di questo genere di affezioni, che sono riputate
 « qualità risedenti ne' soggetti esterni, mentre non hanno
 « veramente altra esistenza che in noi; e che però quelle
 « materie che in noi producono e fanno sentire il caldo,
 « le quali noi chiamiamo col nome generale fuoco, siano
 « una moltitudine di corpicelli minimi, mossi con tanta
 « e tanta velocità, i quali, incontrando il nostro corpo,
 « lo penetrino colla somma loro sottilità, e che il lor
 « tocco fatto nel lor passaggio per la nostra sostan-
 « za, e sentito da noi, sia l'affezione che noi chiamiamo
 « caldo, grato o molesto, secondo la moltitudine e velo-
 « cità minore o maggiore di essi minimi che ci vanno
 « pungendo e penetrando. E similmente io penso che
 « l'operazion del fuoco su tutti i corpi per parte sua
 « non fa altro che, muovendosi, penetrarli colla sua mas-
 « sima sottilità, dissolvendoli più presto o più tardi, se-
 « condo la moltitudine e velocità degli ignicoli, e secondo
 « la densità o rarità della materia di essi corpi. E poichè
 « ad eccitare il caldo non basta la presenza degli ignico-
 « li, ma ci vuol il lor movimento ancora, pare quindi a
 « me che fosse detto con gran ragione, il moto esser
 « causa di calore. »

A molti tra i lettori sembrerà che la serie di queste
 proposizioni non rinchiuda alcuna novità, essendo quasi

tutte passate nella comune credenza. Ma si pensi che Galileo scriveva queste cose prima di Cartesio e prima assai di Newton. Infatti il Cartesio intese a dimostrare posseder la materia alcune qualità essenziali o necessarie alla di lei esistenza e comprensione, ed altre affatto contingenti od accidentali: anzi nella prima classe di proprietà ei ripose solamente l'estensione, data la quale ei credeva si potesser dedurre tutte le qualità sensibili, che riteneva risiedenti ne' nostri sensi, e non già ne' corpi. La qual dottrina venne a ricever non debole appoggio, quando il Newton giunse a dimostrare sperimentalmente, che i colori non sono ne' corpi, ma nei raggi di luce che essi scompongono nel riverberarli verso il nostro senso della vista.

Vogliam poi avvertire che nell'accennato riparto delle proprietà dei corpi, Galileo annovera tra le necessarie ed inerenti ad esse non solo la estensione (e quindi il volume, la figura ed il sito), come fece Renato, ma ancora il moto. Sul qual riguardo stimiamo che il filosolo italiano siasi mostrato assai più accorto del francese: imperocchè possiam dire, e la fisica moderna va ognor più persuadendosi di questa verità, che tutti i fenomeni fisici, ossia tutte le mutazioni che accadono nello stato o nelle condizioni dei corpi, in ultima analisi, altro non sono che movimenti, che tra di essi si verificano o tra le loro molecole: i quali movimenti poi eccitano in noi diverse sensazioni, secondo che operano su di uno piuttosto che su di altro organo de' sensi, oppure secondo che ci si rivelano per mezzo di uno piuttosto che di altro di quegli strumenti che adoperiamo per determinare la natura o la quantità de' movimenti medesimi. E soltanto in questo senso crediamo si possa accettare la distinzione posta in detto luogo da Galileo, tra le affezioni proprie dei corpi e quelle dipendenti dai nostri sensi: altrimenti la rifiuteremmo

come viziosa, e come contraria ai principii stessi del nostro filosofo. La diremmo viziosa, perchè tutte le qualità, che noi poniamo nei corpi, vengono notificate alla mente nostra per opera dei sensi; ed ove questi ci fosser tolti, non sarebber più possibili per noi non solo le percezioni degli odori, dei sapori, ecc., ma ancora le nozioni su le grandezze e figure dei corpi e sui loro movimenti. E la diremmo poi contraria ai principii sostenuti da Galileo, essendosi già altrove notato ch'ei teneva per assolutamente vana ogni indagine su le qualità essenziali dei corpi, e reputava unicamente plausibile lo studio di quelle loro affezioni, che l'osservazione o l'esperienza ci ponno rivelare, od in altri termini lo studio delle loro proprietà sensibili o dei loro fenomeni.

Ameremmo adunque veder rigettata dalla fisica la distinzione, che pur vien ripetuta in quasi tutti i moderni trattati di tal scienza, per cui le proprietà generali dei corpi vengon divise in primarie o secondarie. Il fisico non deve considerare le proprietà stesse, come farebbe un filosofo idealista, per ciò che le ci appajono speculativamente guardate, ma sibbene per ciò che le sensate osservazioni ce le dimostrano. Quindi tutte le proprietà, ch'ei riscontra in qualsiasi corpo che può cadere sotto il dominio della sperienza, e che in tal caso, per una lecita induzione, ei pronuncia esser proprietà generali o comuni a tutti i corpi, devono tutte egualmente ritenersi per necessarie, ossia le si devono giudicare d'una eguale importanza, e quindi registrarle tutte in una medesima classe. Così, a cagione d'esempio, l'essere i corpi porosi, compressibili, elastici, gravi e dotati d'un certo grado di calore, sono proprietà sperimentalmente generali, e non meno necessarie che l'estensione e l'impenetrabilità a ben intendere i fatti anco i più elementari della fisica.

Quanto poi all'ipotesi proposta da Galileo per ispie-

gare i fenomeni del calore, la mercè di que' minimi corpicelli od ignicoli, che ora starebbero inoperosi ne' corpi, ed ora, irrompendo da essi e movendosi con velocità grandissima, penetrerebbero negli altri corpi, producendo lo smovimento e la dissoluzione delle loro parti, noi non iscorgiamo gran differenza tra essa e l'altra ipotesi sostenuta fino ai dì nostri da molti fisici del calorico, che ora s'addensa o si fa latente ne' corpi, ed ora si spicca da essi in forma di esilissimi e velocissimi getti. Il qual sistema, detto della emanazione del calorico, viene da altri abbandonato, e noi crediamo giustamente, per surrogarvi poi l'altro sistema delle vibrazioni calorifiche dell'etere, in cui il vario grado di calore de' corpi corrisponde alla diversa velocità delle vibrazioni medesime; e dove pur vediamo qualche punto d'analogia colla detta ipotesi galileana, nella quale si fa gran conto, non solo della moltitudine, ma ben anco della varia velocità degli anzidetti ignicoli, anzi si asserisce che unicamente il loro moto è causa di calore.

Infine vuolsi rammentare l'analogia intraveduta nel citato luogo, tra il principio della luce e quello del calore, dove il Galileo soggiunge: « E forse, mentre l'assottigliamento e attrizione resta e si contiene dentro ai minimi quanti, il lor moto è temporaneo e la loro operazione calorifica solamente; che poi, arrivando all'ultima ed altissima risoluzione in atomi realmente indivisibili, si crea la luce, di moto o vogliam dire espansione e diffusione istantanea (si passi lo scambio, a tempi suoi perdonabile, tra la istantaneità e la grandissima velocità della propagazione della luce), e potente per la sua, non so se debba dire sottilità, rarità, ed immaterialità (imponderabilità de' moderni), o pure altra condizione diversa ed innominata, potente, dico, ad ingombrare spazii immensi ». La qual supposizione fu poi ripigliata

e svolta con molta perspicacia da un degno seguace del Galileo, Giuseppe Del Papa, in un suo pregevole discorso intitolato *se il fuoco e la luce siano una medesima cosa*: quel medesimo Del Papa che in altro suo più importante lavoro *intorno alla natura del caldo e del freddo* trattò con molto ingegno l'altra ipotesi galileana degli ignicoli.

La pubblicazione del Saggiatore, in cui i peripatetici e il matematico del collegio romano facevano una ben meschina figura, doveva nuovamente suscitare le ire dei nemici del Galileo. Però a lui premeva di approfittare del favore del nuovo pontefice per dare sviluppo ai suoi studii sul sistema copernicano: poichè il Barberini gli aveva già mostrata molta benevolenza e molta stima, col desiderare la sua conversazione, quand'egli era in Roma nel 1616, e collo scrivere alcune poesie latine in lode delle sue scoperte celesti. Quindi pensò di recarsi ancora a Roma, nel maggio del 1624, per ossequiare Urbano VIII. Questi infatti lo accolse più volte assai benignamente, e per meglio attestargli il proprio affetto gli promise una pensione pel figlio Vincenzo (promessa che non fu poi tenuta), e gli diede una missiva pel granduca, in cui lodava la pietà ed i talenti di esso Galileo. Ma, circa all'oggetto precipuo del suo viaggio, il nostro filosofo ben poco ottenne, poichè il papa ebbe a dire con un cardinale, non doversi temere che alcuno fosse mai per dimostrare necessariamente vera l'opinione di Copernico. Però, restituitosi a Firenze, si diede a proseguire i suoi dialoghi, alla redazione dei quali Galileo metteva un singolare impegno.

Nulladimeno ei non tralasciava di seguire in pari tempo altri studii. In detto anno, come già si avvertì, ridusse a perfezione il microscopio, e fece con esso assai curiose osservazioni su la organizzazione degli insetti, ond'ebbe ad esclamare che, grazie a cotesto stromento « ci è da

contemplare infinitamente la grandezza della natura, e quanto sottilmente ella lavori, e con quanta indicibile diligenza ». Due anni dopo, nel 1626, studiando le azioni delle calamite naturali, giunse ad accrescerne notabilmente il vigore, col perfezionare le armature, appena tentate dal Gilberto. Un pezzo di magnete pesante once sei, che da solo reggeva appena due once di peso, armato valse a sostenere un peso di 160 once, epperò 80 volte maggiore del primo e 26 volte maggiore del suo proprio peso: laddove il fisico inglese non era giunto con tale artificio che a rendere il peso sostenibile da una calamita tre volte maggiore di quello sorretto senza armatura, e tutt'al più corrispondente a quattro volte il peso della calamita medesima. È però bello il vedere come il Galileo dia grandissima lode per diligenza ed avvedutezza d'osservazioni all'opera del Gilberto, uscita in Londra l'anno 1600. E per verità questo insigne medico, benchè siasi tenuto in un campo ristretto di studii, mostrò di saper più sagacemente del cancelliere Bacone praticare quel metodo positivo, che da quest'ultimo venne raccomandato, e che il Galileo aveva già molt'anni prima illustrato e messo in opera con esito felicissimo.

Il che sia detto con buona pace di quegli storici, che pongono il Vernlamio come inventore del metodo induttivo e sperimentale. Al filosofo italiano si compete a preferenza dell'inglese, non solo il merito della priorità nel formulare con mirabile chiarezza e semplicità le più sicure massime metodiche, e quello d'aver saputo cavarne un profitto grandissimo per l'incremento della scienza naturale, ma gli si addice ancora la gloria d'aver mostrato quanto lume e quanti servigi possan prestare la geometria ed il calcolo nell'ordinare ed interpretare i dati della osservazione. L'induzione e l'esperienza nello studio della fisica voglion sempre essere, per così dire, scortate dai-

raziocinii matematici : altrimenti son facili le aberrazioni. E in ciò consiste la principal differenza tra il genio di Bacone e quello di Galileo.

In sul principiare del 1630, avendo il nostro filosofo ultimati i *dialoghi sui massimi sistemi astronomici*, l'opera sua più vasta e più accuratamente elaborata, e volendo darli fuori in Roma sotto il patrocinio dell' Accademia dei Lincei, pensò di trasferirvisi di nuovo, sì per curarne egli stesso la stampa, che per sollecitare la licenza della loro pubblicazione. E di fatto nel maggio di tal anno fu in Roma, e presentò i suoi manoscritti al maestro del sacro palazzo per la voluta revisione; e questi, consultato anco frate Visconti suo aggiunto, e seguatevi alcune emendazioni di poco rilievo, in breve glieli rese licenziati di proprio pugno. Ma, innanzi che si mettesse mano alla stampa, intervennero due sgraziati eventi. Moriva il principe Cesi e quindi la società de' Lincei, invisa ai frati ed alla corte e perduto quel possente e zelante patrono, venne ben tosto a disciogliersi. Ed un morbo contagioso avendo invasa la Toscana, il papa stabiliva una rigorosa linea sanitaria ai confini de' proprii stati, per modo che al Galileo, già tornato in patria, rendevasi impossibile di sorvegliare la stampa del suo lavoro. Pertanto dovette rivolgersi a procurarne l'edizione in Firenze. Ma qui ancora gli fu necessario chiedere apposita licenza dal padre inquisitore ivi residente, che subito gliela rilasciò, e di più domandare una nuova autorizzazione da Roma. Quest' ultima si fece lungamente attendere. Il detto padre maestro pretestò di voler dare ancora qualche occhiata all' opera, e Galileo, attesa l' interruzione delle comunicazioni, non potendo spedirgli l' intero manoscritto, come troppo voluminoso, gl' inviò soltanto il proemio e la conclusione, sottoponendo il resto a minuziosa revisione di frate Stefani, consultore dell' inquisizione in Toscana. Il papa stesso volle osservare le

parti mandate al padre maestro. E finalmente, essendosi interposti ripetuti officii del granduca, nel luglio 1631 venne rilasciato il chiesto permesso. Di tal modo i Dialoghi non videro la luce che nel febbrajo dell'anno seguente.

E ammirabile davvero l'arte squisita, con cui Galileo condusse e distese questo lungo lavoro, tanto che da una parte fossero appagate le esigenze della Corte Romana, e rispettati i decreti dell'inquisizione in faccia alle coscienze troppo paurose di que' tempi, e d'altra parte fosse adempiuto, al cospetto delle persone illuminate ed al cospetto dell'avvenire, il difficile e pericoloso mandato del filosofo, che s'attenta di concentrare quanto più può di luce su la verità, ottenebrata dai pregiudizii della volgare tradizione, e fa ogni sforzo per apprestare la conquista d'una piena libertà alle scienze filosofiche e naturali. Nell'epistola dedicatoria al granduca dichiara che l'essere o non essere filosofo pone tra gli uomini tal differenza che è poco dissimile da quella, pur grandissima, che v'è tra gli uomini e gli animali; ora ei soggiunge: « chi mira più alto, si differenzia più altamente; e il volgersi al gran libro della natura, che è il proprio oggetto della filosofia, è il modo per alzar gli occhi: epperò Tolomeo e Copernico, che sì altamente s'affisaron sulla costituzione dell'universo, furon quelli cui toccò in eccesso sovra gli altri uomini di differenziarsi nell'intelletto. » Poi nel proemio, con fino accorgimento, facendo la parte de' suoi avversarii, così incomincia:

« Si promulgò agli anni passati in Roma un salutare editto, che, per ovviare a pericolosi scandali dell'età presente, imponeva opportuno silenzio all'opinione pitagorica della mobilità della terra. Non mancò chi temerariamente asserì quel decreto essere stato parto, non di giudizioso esame, ma di passione troppo poco informata; e si udirono querele, che consultori totalmente inesperti

« delle osservazioni astronomiche non dovevano con proi-
 « bizione repentina tarpar l'ale agl' intelletti speculativi.
 « Non poté tacere il mio zelo in udir la temerità di sì
 « fatti lamenti. Giudicai, come pienamente instrutto di quella
 « prudentissima determinazione, comparir pubblicamente
 « nel teatro del mondo come testimonio di sincera verità.
 « Pertanto è mio consiglio nella presente fatica mostrare
 « alle nazioni forestiere, che di questa materia se ne sa
 « tanto in Italia, e particolarmente in Roma, quanto mai
 « possa averne immaginato la diligenza oltramontana; e
 « raccogliendo insieme tutte le speculazioni proprie in-
 « torno al sistema copernicano, far sapere, che precedette
 « la notizia di tutte alla censura romana. » Quindi nel
 dialogo, ripartito in quattro giornate, mette in campo tre
 interlocutori, due de' quali, Salviati e Sagredo, sostengono
 la mobilità della terra, dispiegando con ricco corredo di
 naturali osservazioni e di matematiche dimostrazioni e pro-
 cedendo sempre con dialettica arguta e stringente; mentre
 il terzo, Simplicio, difende con ben fiacchi argomenti, e
 battendosi quasi sempre in ritirata, le idee di Aristotile
 e di Tolomeo: e alla perfine i primi due, quasi per tratto
 di cavalleresca gentilezza, danno vinta la causa al peri-
 patetico. Cosicchè il lettore può di leggieri avvedersi che
 in tutta questa discussione le argomentazioni dei combat-
 tenti riescono subordinate ad una forza, che non iscende
 apertamente in campo, eppure tiene ineluttabilmente sog-
 giogato il raziocinio.

Non è però da darsi colpa al nostro filosofo, se ado-
 però di così fatti artifici per trarre in inganno i suoi
 ignoranti censori. La colpa ricade intera su quell'autorità
 che, sconsuando lo spirito ed i limiti della propria mis-
 sione, voleva in allora tenere inceppata la scienza sotto
 gl' indecisi asserti della tradizione, negando persino l'e-
 videnza.

I nomi poi imposti da Galileo ai due principali interlocutori, ricordano quelli di due suoi mecenati, che da poco eran periti in ancor fresca età, Gianfrancesco Sagredo, patrizio veneto, e Filippo Salviati, nobile fiorentino, uomini di sottile ingegno e singolarmente devoti al progresso scientifico; ond' egli per atto di lodevole riconoscenza volle ne fosse serbata la ricordanza coll' opera sua, che certo esser doveva non sì presto peritura. Ed il nome del terzo interlocutore rammenta quello di Simplicio, antico peripatetico, che scrisse il più minuzioso, se non il più sottile commentario sui libri fisici, d'Aristotile, assai pregiato per le notizie che ci tramandò su le più vetuste scuole filosofiche di Grecia.

Tali e tanti poi sono i pregi letterarii, filosofici e scientifici di questo lavoro, che noi ameremmo vederlo tra le mani dei giovani studiosi, come modello di stile elegante e purgato, come esercizio di logica rigorosa ed acuta, come addestramento al giusto impiego delle varie arti del metodo positivo, come lucida dichiarazione di una delle più importanti e più difficili quistioni naturali, in cui gl' immediati suggerimenti del senso vogliono essere emendati dalla ragione applicata a tant' altre indirette deposizioni della natura, ed infine come un raro esempio di scritto scientifico, redatto in modo veramente popolare, dove per via di facili e svariati esempj e di acconcie ed interessanti digressioni la mente del lettore, senza troppo affaticarsi, afferra e séguita gradatamente il filo delle argomentazioni.

Che se guardiamo all' effetto che produr doveva questo libro sui dotti di quel tempo, sentiamo che esso non poteva esser che grandissimo. Non solo esso mirava a convincer del moto della terra chiunque non volesse per proposito chiuder gli occhi alla luce del vero, ma ancora riassumeva con molta lucidità le tante osservazioni del

nostro filosofo su la costituzione della luna, del sole e dei pianeti, esponeva le sue nuove dottrine dinamiche, ossia le leggi da lui scoperte, e non per anco pubblicate a stampa, sul moto dei gravi liberamente cadenti, sul moto dei progetti e sul moto dei pendoli, e sviluppava le sue opinioni molto ingegnose, benchè non esatte, su la causa delle maree, oltre un'infinità di giudiziosi esperimenti e riflessi su diversi argomenti fisici, dei quali, per incidenza, si giovava per rischiarare gli argomenti principali. Pertanto i veri filosofi d'ogni parte d'Europa fecero gran plauso a cotesta pubblicazione: e per opposto i peripatetici ne mossero gravi lamenti, vedendo per essa rovinate dalle fondamenta tutte le dottrine fisiche di Aristotile: e dieder fuori in breve tempo parecchie virulenti, ma scipite confutazioni, quali furon quelle dell'Accarisio, del Rocco, del Barengli e del padre Chiaramonti.

V.

Ma intanto « quella sciagurata setta (per usare le parole di frate Fulgenzio Micanzio), alla quale ogni cosa « buona o fondata nella natura ha per necessità da riuscir « contraria ed odiosa » mise sossopra la corte romana ed il sant' uffizio, affluchè venisse proibito il Dialogo, e castigatone l'autore. Se però si guarda alle molte lettere scritte su questa vertenza dall'ambasciatore toscano Niccolini al suo principe, appare che sovra tutti si mostrasse animato contro il nostro filosofo lo stesso papa Urbano, quel medesimo che dianzi ne era l'amico e l'estimatore. S'immaginò egli che Galileo abbia voluto deriderlo, col mettere in bocca di Simplicio taluni argomenti, già da esso comunicatigli confidenzialmente in sostegno della immobilità della terra: laddove que' medesimi argomenti, da lui forse tenuti per suoi propri, essendo stati ben prima

messi innanzi da parecchi teologi e paripatetici, era debito e diritto di Galileo il richiamarli, onde mostrarne la insussistenza. Però nell'agosto del 1632 il padre maestro del sacro palazzo dovette ordinare al librajo editore di sospendere la pubblicazione di quel libro, che già era stato riveduto e licenziato per ben due volte, e di mandarne a Roma tutte le copie già pronte per lo spaccio. Si rispose di non poter adempiere ad un tal ordine, gli esemplari dell'opera essendo già tutti smaltiti. Urbano rimproverò il medesimo padre maestro per la concessione già data, e questi per suo disgravio mostrò un viglietto steso da monsignor Ciampoli per ordine del papa stesso, con cui gli s'ingiungeva di licenziare il Dialogo. Si noti che il Ciampoli era l'intimo segretario d'Urbano, e che però da poco, come caldo fautore di Galileo, era caduto in disgrazia, e quindi allontanato da Roma.

Allora Urbano fece adunare una straordinaria commissione di teologi, quasi tutti avversi al Galileo, e de' quali il più capace era il citato padre Chiaramonti, onde si ponessero a minuzioso esame i Dialoghi. Il granduca istò per inezzo del suo ambasciatore, affinchè prima di pronunciare una sentenza contro il suo matematico, si mandassero per iscritto le difficoltà e le opposizioni sui passi criticati dell'opera, onde l'autore avesse modo a rischiarare i dubbj ed a giustificarsi. Alla quale istanza Urbano rispose, non senza risentimento, che il sacro tribunale non teneva con nessuno siffatta via, e che questo altro non faceva che censurare, proibire e comandare ai colpevoli di disdirsi: aggiunse però, che per ispeciale riguardo al granduca egli aveva demandato l'esame del libro ad apposita congregazione, anzicchè passarlo tosto al sant'ufficio. Chiese allora il Niccolini che a tale commissione s'aggiungessero il padre Castelli e fra Tommaso Campanella, come persone abbastanza istruite delle opi-

nioni di Galileo e delle cose matematiche ed astronomiche: ma pur questa istanza venne respinta, poichè quei due insigni si mostravano di troppo illuminati, per non essere a que' tempi sospetti di eresia. E quì l'ambasciatore avvertiva il suo principe, che il tentar di resistere apertamente ai voleri d'Urbano non era nè prudente, nè possibil cosa (tanta era l'autorità che allor spiegava la corte romana sui diversi stati d'Italia, toltone Venezia), e che ineglio conveniva giuocar di destrezza e di pazienza per guadagnarsi i ministri, « perchè, così il Niccolini, « come S. S. impunta, la cosa è spedita, massime quando « si vuol contrastare o minacciare, poichè allora dà nel « duro e non porta rispetto a nessuno. »

Fatto è che, avendo la detta commissione giudicato, che il libro non doveva in niun conto lasciarsi correre senza uno scrupoloso esame della sacra inquisizione, il libro stesso fu sottoposto all'arbitrato del sant'ufficio. E questo ai primi d'ottobre mandò intimazione al Galileo, perchè entro il mese si portasse in Roma e si presentasse a quel tribunale, dove sarebbegli significato quanto dovesse fare. Quindi il Niccolini molto s'adoperò presso Urbano per mettere in rilievo tutta la gravezza di questa ingiunzione, e per muoverlo a compassione verso il povero Galileo, che avanzatissimo in età (a settant'anni), ed oltremodo logorato da continui lavori e da gravi malattie, imprendere doveva un viaggio lungo e pericoloso, tanto più in que' dì, in cui imperversava ancora il contagio e tornavan necessari i ritardi ed i disagi della quarantena; cosicchè lo si esponeva a quasi certo pericolo di perder la vita, epperò di non poter nemmeno giungere a discolparsi. Gli fu risposto che non si poteva far da meno, essendovi pur forte pericolo che la religione avesse a patire detrimento per questo negozio: tutt'al più gli si concedeva qualche breve dilazione al termine prefisso per

la comparsa, e qualche temperamento nella durata della quarantena. Si mandò al sant'ufficio la fede della malferma salute del Galileo; ma non se ne tenne conto, e lo si fece avvertito che si mettesse presto in viaggio, altrimenti sarebbesi presa qualche più grave risoluzione contro di lui. Pertanto quel venerando vecchio non potè sottrarsi da così rigoroso ordine, e nel febbrajo del 1633 si mosse alla volta di Roma. Il granduca non potè far altro a suo prò, che di concedergli una delle sue lettighe, per rendergli meno incomodo il cammino.

Giunto Galileo in Roma il 13 febbrajo, fu accolto nella casa dell'ambasciatore toscano, il quale gli usò ogni riguardo, e s'adoperò premurosamente per guadagnare gli animi di alcuni tra i più influenti cardinali. Instava il Niccolini perchè ad alleviare i disagi e le affezioni al filosofo del granduca gli s'avesse a spedir presto il processo e non lo si avesse a ritener prigioniero presso il sant'ufficio. Si rispose al solito con delle negative, pretestando esser nelle consuetudini della sacra congregazione il trattare le cose con lentezza, e questa non poter a meno di ritener presso di se i processandi. Fu lasciato il Galileo per due mesi senza sentirlo nelle stanze dell'ambasciatore con proibizione però d'uscir di casa e di accogliere gli amici suoi. Queste privazioni riuscivangli assai dure, mentre il moto e le distrazioni molto gli avrebber giovato per menomare i suoi mali, che allora lo tormentavano più che mai: tanto che il Niccolini, vedendolo fuor modo prostrato nelle forze, dubitava grandemente che avesse da un giorno all'altro a mancar di vita. Intorno alla metà di aprile dovette presentarsi al palazzo del sant'ufficio, dove fu ritenuto prigioniero per quindici giorni; però, invece di metterlo nelle secrete, fu chiuso nelle camere del fiscale con facoltà d'esser assistito dal proprio servidore e di scendere nel cortile. Pare che in questo lasso di tempo

venisse esaminato una sol volta. Poi i suoi mali essendosi di molto aggravati, fu rimandato alla casa dell'ambasciatore colle stesse proibizioni di prima: se non che, dopo un mese, gli fu concesso di uscire ne' giardini in carrozza coperta. Vuolsi però avvertire che coteste agevolzze venivano concesse non mica per ispeciale riguardo alla persona del Galileo, ma unicamente per deferenza verso il granduca, il cui ambasciatore mostravasi impegnatissimo per procacciare ogni possibile temperamento nella trattazione di questo processo. Il Galileo, al dire d'Urbano, meritavasi d'esser esemplarmente punito per aver voluto sostenere dottrine nuove e contrarie ai sacri testi.

Il principale aggravio che dal sant' ufficio si faceva al nostro filosofo, stava nell' aver egli trasgredito l' ordine, significatogli nel 1616 dal cardinale Bellarmino, di lasciare onninamente come falsa l' opinione del moto della terra, e di non difenderla, nè insegnarla nell' avvenire in qualsiasi modo; benchè nella dichiarazione scritta, rilasciata allora dal medesimo cardinale al Galileo, e da questi prodotta per suo disgravio, non vi fosse espressa quest' ultima restrizione « in qualsiasi modo: » epperò egli assicurò di aver interamente perduta la ricordanza di cotesta clausola, essendo passati di mezzo più di quattordici anni. Comunque fosse egli osservava d'aver dato fuori il suo Dialogo dietro autorizzazione del padre maestro, al quale aveva passato il manoscritto con singolar raccomandazione di segnarvi tutti quei luoghi che gli paressero censurabili. Inoltre egli s' esibiva d'aggiungere al Dialogo stesso una quinta giornata, in cui, riassumendo gli argomenti già esposti in favore dell' opinione condannata, verrebbe a rifiutarli come meglio potrebbe. Convien credere ch' egli fosse ben aspramente rimproverato per le verità astronomiche da lui sostenute, poichè in una sua lettera, di data posteriore, esce a dire, che per avviso de' suoi giudici il

suo libro racchiudeva « una dottrina più scandalosa, più detestanda e più perniciosa per la cristianità di quanto si contiene nei libri di Calvino, di Lutero e di tutti gli eresiarchi insieme. »

Fatto è che in sul finir di giugno fu di nuovo chiamato e ritenuto presso il sant' ufficio, e quindi condotto al convento della Minerva, dove innanzi i prelati della congregazione gli fu letta la sentenza, obbligandolo ad abjurare la sua opinione in voce ed in iscritto. La sentenza porta i nomi di undici cardinali, i quali pronunciano tutti unanimi, che il Galileo « si era reso loro vee-
« mentemente sospetto d'eresia, cioè d'aver tenuto e cre-
« duto dottrina falsa e contraria alle sacre carte, che il
« sole sia centro del mondo ed immobile, e che la terra
« non sia centro e si muova » ; quindi si ordina che per pubblico editto sia proibito il libro dei Dialoghi, e si condanna l' autore al carcere formale di quel tribunale per un tempo ad arbitrio del tribunale medesimo, imponendogli per salutare penitenza di dire per tre anni una volta la settimana i sette salmi penitenziali. Quantunque in detta sentenza si accenni che, « parendo ai giudici non
« aver Galileo detta intera la verità circa la sua intenzio-
« ne, si giudicò necessario di venir contro di lui al rigo-
« roso esame », non v' è però nessun certo indizio per credere, quanto da alcuno si sospettò, ch' ei fosse sottomesso alle crudeli prove della tortura, pur usate allora da quel tribunale. E nemmeno vogliam credere che dopo aver sottoscritta la citata dichiarazione, egli esclamasse « eppur si muove ! », come da molti si suppone ; mentre con ciò verrebbe ad ammettere ch' egli avesse po-
« c' anzi, anche nella sua mente, sconfessata quella verità, sulla quale in tutti i suoi scritti posteriori non mosse mai alcun dubbio ; laddove allora egli non fece che cedere esteriormente alla violenza, ben riconoscendo che in

faccia alla scienza non aveva alcun valore la detta abjura, data innanzi ad un tribunale affatto incompetente a decidere le quistioni scientifiche.

Non pertanto i suoi nemici dovevano essere soddisfatti d'averlo in tal modo umiliato al cospetto del volgo. La sentenza venne diramata bentosto agli inquisitori residenti ne' diversi stati d'Europa, perchè fosse comunicata a tutti i vicarii ed a tutti i professori di filosofia e di matematica: nella cattedrale di Firenze ne fu data pubblica lettura, presenti Castelli, Guiducci e Peri; i più caldi partigiani di Galileo, appositamente chiamativi dall'inquisitore.

Attese poi le calde sollecitazioni del Niccolini, la prigionia accennata nella sentenza fu dal papa permutata in una semplice relegazione, prima per pochi dì nel palazzo dell'ambasciatore, poi per cinque mesi nella casa dell'arcivescovo Piccolomini in Siena, e finalmente nella villa d'Arcetri presso Firenze, dove fu ritenuto per tutti gli otto anni che gli rimasero di vita, con proibizione di tener conferenze scientifiche, di invitare gli amici suoi e di passare alla città, rimanendo sempre sotto la sorveglianza del sant'ufficio.

È rimarchevole quest'altro passo d'una lettera di Galileo, ove svela qual fosse il principal movente delle persecuzioni toccategli. Il padre Grembergero, matematico presso il collegio romano de' gesuiti, confessò ad un amico di Galileo che « se costui avesse saputo mantenersi l'affetto dei padri di questo collegio, vivrebbe glorioso al mondo, non sarebbe stato nulla delle sue disgrazie, e avrebbe potuto scrivere ad arbitrio suo d'ogni materia, dico anche del moto della terra, ecc. » Epperò egli deve aver sentito quanto improvvida fosse stata la sua risoluzione di lasciar Venezia, che avrebbegli prestato un più sicuro asilo, e forse una più efficace protezione.

Vedendosi allora il nostro filosofo costretto a lasciare

gli studii astronomici, e la fecondità e vigoria della sua mente non essendo punto scemate coll'età, colle malattie e colle affezioni, ei si volse ad altro ordine di studii, non meno nobile ed importante degli studii astronomici, ma però meno invisibile o meno sospetto ai fanatici suoi avversarii, cioè si applicò di preferenza agli studii meccanici. Nel breve frattempo, in cui stette relegato a Siena, si occupò d'alcuni problemi relativi alla resistenza dei solidi. Poi nel 1634 pubblicò per le stampe il suo trattatello sulla scienza meccanica, ch'egli aveva già steso sin da quando trovavasi in Padova. È un breve scritto, ma tanto pregevole, che da solo avrebbe bastato a render illustre nella storia della scienza il nome del suo autore. Con singolar semplicità e rigore di prove determina le condizioni d'equilibrio nelle diverse macchine semplici, cioè nella vite, nel piano inclinato, nelle taglie, nell'asse nella ruota e nell'argano, deducendole dalla considerazione della condizione d'equilibrio nella leva, e dichiarando questa col mezzo del principio delle velocità virtuali, principio, come ognun sa, e specialmente dopo gli imperituri lavori del Lagrangia, oltremodo fecondo nelle quistioni meccaniche. Epperò in tal scritto vennero per la prima volta precisati i veri servigi che le macchine ci ponno recare, e confutati quei pregiudizii che corrono tuttora nel volgo intorno ad esse, col ricordare che per esse non si rende possibile di vincere una data resistenza adoperando una forza minore di quella che richiederebbesi per vincerla senza il loro sussidio, e coll'avvertire che, se un dato peso può muoverne un altro maggiore di esso, grazie all'impiego d'una macchina, egli è perchè il primo percorre in egual tempo uno spazio proporzionatamente maggiore, ossia debbesi muovere con velocità maggiore di quella, con cui l'altro vien mosso: ed in vero, poichè la natura ci offre forze determinate e tempo indeterminato, noi possiamo

per mezzo delle macchine far tesoro di quest'ultimo, e quindi moltiplicare gli effetti delle forze, col farle operare per un tempo d'una conveniente durata. Tosto dopo si diede a raccogliere ed esporre in forma di dialogo gli altri suoi studii su argomenti meccanici.

E già nel giugno nel 1635 aveva compiti i primi due dialoghi: ma, temendo che col pubblicarli in patria gli avessero a suscitare nuove briglie, pensò di darli in luce all'estero. Dopo varie pratiche, gli Elzeviri, sul principiar del 1638, pubblicarono in Leida quest'altra opera capitale del filosofo fiorentino, intitolata « *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica ed ai movimenti locali, con un'appendice sul centro di gravità d'alcuni solidi* ». È rimarchevole che nella dedicatoria di quest'opera al conte di Noailles, il Galileo fa supporre, che, avendo egli mandata copia manoscritta del suo lavoro al medesimo conte, e questi avendola passata ad altri suoi conoscenti, sia poi venuta tra le mani degli Elzeviri, i quali di loro arbitrio la fecer pubblica colle stampe. Ancor qui vediamo il nostro filosofo obbligato ad usar artifici per dar corso alle cose sue; poichè egli era stato avvertito, che in tutti i luoghi soggetti all'inquisizione erasi dato un ordine rigoroso di non permettere nè la ristampa d'alcuna sua opera già edita, nè la stampa di altra nuova sua scrittura.

In questi discorsi, in cui sono introdotti gli stessi tre interlocutori del Dialogo, oltre a diversi altri argomenti meccanici e fisici, si tratta segnatamente della gravità, e prima del moto che essa produce ne' corpi liberamente cadenti. Si dimostra con isvariate prove ed argomentazioni che essa opera egualmente sui corpi, quantunque sia differente la loro costituzione, la loro densità e la loro mole, ossia imprime a tutti eguali velocità, epperò impulsi al moto proporzionali unicamente alla rispettiva lor quantità

di materia. La varia velocità nel moto di caduta de' corpi, che la comune osservazione ci manifesta, dipende dalla varia resistenza che l'aria oppone al loro movimento, secondo che hanno una diversa densità o che presentano una superficie più o meno estesa. E qui si adducono esperienze che servirono a provare per la prima volta indubbiamente il peso proprio dell'aria, ed a trovare il rapporto del di lei peso specifico con quello dell'acqua. Di poi si mostra che la gravità opera sui corpi come una forza continua e costante, e che perciò il moto da essa prodotto ne' corpi cadenti liberamente dev' essere uniformemente accelerato, ossia la velocità deve crescere proporzionalmente al tempo che dura il moto: e quindi determinansi le diverse leggi di questo moto, cioè i rapporti sussistenti fra gli spazii percorsi, i tempi richiesti per percorrerli e le velocità acquistate. Per mostrare queste leggi sperimentalmente si fa uso del piano inclinato, per mezzo del quale viensi a menomare, quanto si vuole, la velocità di discesa de' corpi, senza punto alterare la natura del moto, e in tal occasione si espongono molti interessanti teoremi e problemi sul moto de' gravi per i piani inclinati. In seguito si tratta del moto dei gravi lanciati obliquamente in alto, ossia dei progetti; se ne determinano le leggi, e si dimostra che essi percorrono una curva parabolica. E per ultimo si discorre sul modo di misurare la forza della percossa, problema che diede poi origine a lunghe discussioni fra i matematici.

Il Galileo mostra d'essersi formato un ben giusto concetto della gravità, ove dice che « un corpo grave ha da natura intrinseco principio di muoversi verso il comun centro de' gravi, cioè del nostro globo terrestre, con moto continuamente e sempre egualmente accelerato; e questo verificherebbesi tuttavolta che si rimuovessero gli impedimenti accidentali ed esterni, tra i quali v' ha

« l'impedimento del mezzo pieno. » Anzi sembra che egli avesse intraveduto il principio della mutua gravitazione di tutte le particelle materiali, poichè ne' Dialoghi (Gior 2.^a) aveva già dette queste memorabili parole: « Credo che prima « sieno le cose gravi, che il centro comune della gravità; « sicchè non un centro, che altro non è che un punto « indivisibile e però di niuna efficacia, sia quello che « attragga a sè le materie gravi, ma siano esse materie « che, cospirando naturalmente all'unione, si formino un « comun centro, che è quello intorno al quale consistono « parti di eguali momenti; onde stimo che, trasferendosi « il grande aggregato dei gravi in qualsivoglia luogo, le « particelle, che dal tutto fosser separate, lo seguirebbero, ecc. » Forse questo lampo di genio non tornò inutile a quell'altro sommo ingegno del Newton per metterlo in su la via della immortale sua scoperta.

In questi medesimi discorsi, come nota il Lagrangia, trovasi per la prima volta dichiarato il teorema fondamentale della composizione dei moti, che cioè un corpo sollecitato contemporaneamente da due forze, le cui direzioni siano concorrenti ad angolo, e tendenti entrambe ad imprimergli un moto uniforme, in un dato tempo percorrerà la diagonale di quel parallelogrammo, del quale esso avrebbe nel medesimo tempo percorsi i lati operando su di lui ciascuna forza separatamente: il qual principio, com'è noto, è fondamentale per la statica. Ed in altro passo vi si scorge riproposto, e più esplicitamente dichiarato che nol fosse nel lavoro summenzionato, il principio delle velocità virtuali, e data una chiara nozione dei momenti delle forze.

Impertanto in quest'opera venivano poste le basi principali della meccanica; epperò con ragione lo stesso Lagrangia asserì che per comporla richiedevasi un genio straordinario, e che mai non si potrà lasciare di ammirarla.

Ed anche a giudizio del Galileo era questo il lavoro da lui più stimato. Eppure cotesto libro veniva da lui compilato in età di circa settantaquattro anni, quando i sensi avevan quasi interamente cessato dal servirlo, perduta avendo completamente anche la vista, sicchè dovette valersi del suo discepolo Viviani per compirne il dettato. Fu davvero maravigliosa questa mente, che conservò tanta alacrità e tanta vigoria in un organismo ridotto quasi all'estremo disfacimento! Sul qual riguardo ci si rivela una notevole differenza fra l'ingegno del nostro filosofo e quello del Newton, che in età avanzata, lasciati gli studii fisici ed astronomici, si fece a commentare le profezie di Daniello e l'Apocalisse.

E, nel mentre che Galileo attendeva alla pubblicazione delle sue opere maggiori, non lasciava di mandar innanzi tant' altri studii. Nel 1627, a proposito d'una quistione insorta circa la stima d'un cavallo, espose in una serie di lettere al Nozzolini alcuni principii del calcolo delle probabilità, ed alcune proposizioni su le combinazioni e le permutazioni. In una lettera del 1631 allo Staccoli ed in altra del 1638 al Bertizzolo mostra quanto far si possa per regolare il corso dei fiumi, e dichiara come s'abbiano a valutare le velocità e le quantità delle loro acque, e così pone le fondamenta di quella scienza, l'idraulica, che fu poi svolta dal Castelli, dal Guglielmini e da altri celebri italiani. Nel 1636, per sollecitazione d'alcuni suoi amici, propone agli stati generali d'Olanda il suo metodo pel ritrovamento delle longitudini; e, poichè ancor qui le negoziazioni si protrassero lunghi anni, egli s'adoperò per migliorar gli strumenti che usar si dovevano in siffatta determinazione. Ne' due ultimi anni di sua vita scrisse due lunghe lettere al Liceti, nelle quali con singolar maestria e con ricco apparato di prove difende la opinione da lui già emessa, che il candor lunare, ossia quella

luce debole e cinerea che si scorge nella parte del disco lunare che non è direttamente illuminata dal sole, sia il risultato della luce solare riverberatavi dalla superficie della terra. Pochi mesi innanzi di morire dettò al Torricelli la quinta giornata, in aggiunta alle quattro già pubblicate nelle prime edizioni de' suoi Discorsi, ove sviluppa alcune proposizioni importantissime circa diversi punti della dottrina delle proporzioni, poco chiaramente trattati da Euclide. Ed anche la sesta giornata intorno la forza della percossa dev'esser stata redatta poco tempo prima della sua morte, avvenuta il dì 8 gennajo 1642, essendo egli in età di settant'otto anni. Insomma, finchè non furono affatto spente in lui le forze vitali, ei non cessò di trovare o speculare cose nuove, e quasi sempre ammirande.

Ora, se noi volgeremo in addietro lo sguardo, e riassumeremo in un punto le tante scoperte ed i tanti trovati di questo insigne italiano, senza dubbio concluderemo non esservi stato mai in Italia, e forse in tutta Europa, un ingegno più fecondo, più stimabile, e più utile di codesto; poichè in ogni cosa egli si mostrò sommo, nella filosofia, nella matematica, nella astronomia, nella meccanica, nella fisica e nella letteratura. Da lui la filosofia imparò il vero suo obbietto di studio essere la natura sensibile; da lui apprese le più sicure arti per iscoprire e dimostrare le verità, giacchè, oltre l'osservazione, l'esperienza, l'induzione, il calcolo ed il raziocinio, egli propose, e prima del Cartesio, come precipua arte del metodo, il dubbio, avendo egli sempre sostenuto la libertà della ragione contro l'autorità dei filosofi e della tradizione, ed avendo lasciata quest'aurea sentenza: « il dubitare in filosofia è padre dell'invenzione, facendo strada allo scoprimento del vero. » Diede al geometra il compasso di proporzione ed alla matematica sembra aver egli addi-

tato il principio degli indivisibili, tanto ingegnosamente applicato dal suo discepolo Cavalieri, che fece strada al calcolo infinitesimale. Egli mise l'astronomia sulla via di conoscere la vera costituzione del sole, della luna, del sistema planetare, della via lattea e delle nebulose; le additò il principio della gravitazione universale, e le diede due validissimi stromenti, il telescopio ed il pendolo. Alla meccanica insegnò la teorica del moto uniformemente accelerato, dell'equilibrio nelle macchine semplici, e della resistenza dei solidi; pose le basi dell'idrostatica e dell'idraulica, e le suggerì i due efficacissimi principii della composizione delle forze e delle velocità virtuali. Alla fisica mostrò la natura della gravità e le leggi del moto da essa prodotto ne' corpi in diverse circostanze; provò il peso dell'aria, l'adesione tra i corpi diversi, e la somma mobilità e insieme la coerenza nelle particelle dei liquidi; illustrò le dottrine d'acustica, di ottica e del calore; le porse il termoscopio, il microscopio, la bilancetta per determinare la densità relativa dei solidi, e le armature delle calamite, e le segnalò i limiti ed in uno la vastità delle sue indagini. Diede alla nautica una elegante soluzione del problema delle longitudini. Ed alla letteratura esibì pregevolissimi modelli di stile, mostrandole come la scienza non sia schiva di adornarsi de' suoi fiori, e come anzi per tal via essa giunga alla popolarità; poichè Galileo può dirsi esser stato il modello ed il maestro di Torricelli, di Redi, di Magalotti, di Rucellai, di Marchetti, di Vallisnieri e di tant'altri dotti che si levarono a molto grido nelle belle lettere.

Ma soprattutto il Galileo va distinto come il principale instauratore del metodo scientifico. S'è già notato che Francesco Bacone dettò nel « *Novum Organum* » i precetti del metodo induttivo, lorquando il filosofo fiorentino aveva già da molti anni praticato il metodo sperimentale,

e ne aveva tratti ben copiosi frutti, come s'è veduto sopra: laddove il Verulamio non seppe farne proficua applicazione. Di più le massime metodiche del filosofo inglese son troppo minuziose, e spesso oscure o superflue, mentre quelle dell'italiano sono bensì poche e succinte, ma altrettanto chiare, sicure ed efficaci. L'uno è ingegno meglio speculativo che pratico, l'altro va fornito in equa misura dell'uno e dell'altra dote. Bacone combatte tutta la logica d'Aristotile, cadendo nell'errore di voler assolutamente sbandire dalla scienza il sillogismo: Galileo invece batte in breccia e rovina la fisica e la metafisica dello Stagirita. S'avverta poi che il nostro filosofo stima non necessaria e meno opportuna cosa rifiutare il peripatetismo per via teoretica o speculativa, perchè in Italia già lo avevano in questo senso validamente oppugnato il Valla, il Patrizio, il Nizolio, il Telesio, il Bruno ed il Campanella, e perchè, evocando la natura stessa in testimonio delle sue dottrine, era certo il Galileo di recare al suo avversario tali colpi, dai quali non gli fosse dato schermirsi con le solite sue sottigliezze dialettiche. Nondimeno ei rispetta il raziocinio sillogistico, anzi se ne vale largamente per dedurre dalle verità già trovate sperimentalmente, o già dimostrate matematicamente, alcune importanti conseguenze. Il lord cancelliere nella sua patria è stimato ed applaudito: il matematico toscano trova assai più numerosi e più potenti gli avversarii che i fautori. Eppure le opere del primo giacciono per lunga pezza confinate in patria, mentre quelle dell'altro si divulgano rapidamente in tutta Europa, son cercate e lette avidamente, e se ne fanno molte edizioni e versioni latine, francesi ed inglesi. Se v'ha alcuno che giustamente possa dirsi aver anteceduto il Galileo nel segnalare i pregi del metodo sperimentale, questi è Leonardo da Vinci, che fu maestro nelle scienze non meno che nella pittura, aven-

doci lasciato ottime sentenze metodiche, ed avendo trattati diversi argomenti naturali con rara perspicacia, ed appoggiandosi soprattutto all'esperienza; cosicchè è da desiderare che i molti suoi manoscritti scientifici abbian finalmente a veder la luce.

Da altri, e segnatamente dai francesi, si dà vanto al Cartesio d'aver inaugurata la riforma scientifica. Ma non si avverte che pur egli pubblicò il tanto suo acclamato discorso sul metodo, quando Galileo era già in età molto avanzata, ed aveva già dati fuori i suoi Dialoghi e quasi compiuti i Discorsi. E pur egli mostrò un ingegno più speculativo che pratico, e troppo corrivo a subordinare la ragione all'immaginativa, facilmente appagandosi dei suggerimenti della fantasia, prima di cautamente sommetterli a rigoroso esame. Inoltre il Cartesio teneva la pernicioso pretesa di voler investigare e dichiarare le cause prime dei fenomeni, e di poter quindi comprendere la scienza tutta in un piccol numero di principii, dietro i quali s'avesse per via deduttiva a cavare la spiegazione di tutti quanti gli ordini de' fenomeni: epperò teneva in poco conto la sperienza e l'induzione. Meritassi egli nondimeno la lode d'aver segnato un facil modo di trattare le più complesse quistioni geometriche coll'importarvi l'analisi algebrica: ma errò quando volle si trattassero con metodo geometrico tutte le quistioni naturali, poichè un tal metodo vale soltanto ad esporre quei rami di scienza, che già toccarono la perfezione, quali sono la meccanica celeste e l'ottica dopo le scoperte di Newton, mentre è disadatto per l'avanzamento di quegli altri rami, che essendo ancor molto incompiuti, richiedono si procuri di togliere le oscurità e le lacune col metodo analitico e sperimentale.

Galileo lasciò molti discepoli, tutti zelantissimi cultori della filosofia naturale, Castelli, Cavalieri, Torricelli, Vi-

viani, Renieri, Micanzio e diversi altri, i quali recarono incrementi notevolissimi alle scienze fisiche e matematiche. E fu ancora in ossequio alla filosofia del grande fiorentino che venne istituita una delle prime e più celebri società scientifiche, l'Accademia del Cimento, la quale nel 1667 pubblicò i primi frutti de' suoi lavori, raccolti per cura del di lei segretario Magalotti in un libro tuttodì molto pregiato, sotto il modesto nome di « Saggi di naturali esperienze », in cui parecchi argomenti fisici vengono svolti o rischiarati con nuovi e giudiziosi sperimenti. Dietro così luminosi esempi in ogni parte colta d'Europa tutti i più robusti ingegni, lasciate le infeconde dispute su le cause prime e su la essenza sovrasensibile delle cose, si accinsero con singolar fervore a tentare la natura, con ogni artificio, obbligandola a svelare que' segreti meccanismi ch'ella medesima adopera per promuovere ne' corpi i diversi ordini di fenomeni. E così cadde, e per sempre, la filosofia della autorità e della tradizione, e fu inaugurata la filosofia della libera ragione e della natura, vogliam dire la filosofia positiva, i cui principali stromenti sono la matematica, la speranza e la cauta induzione.

Ci duole che gli angusti limiti di questo periodico non ci abbian concesso di dichiarare, come avremmo amato, un po' più in particolare i pregi scientifici, filosofici e letterarii delle singole opere del Galileo, e la loro influenza sullo sviluppo delle scienze sperimentali: poichè a voler ciò fare convenevolmente, sarebbe tornato necessario di esporre dapprima alcun po' pel minuto lo stato delle scienze medesime e della filosofia innanzi che comparissero i lavori di quel sommo.

DI ALCUNI PRINCIPI DELLA FILOSOFIA NATURALE (*)

Da che Galileo, Bacone, e Cartesio proclamarono francamente, niun' altra autorità darsi nella scienza oltre la ragione, e pur questa dover essere di continuo guidata e sorretta dall' esperienza, e dal calcolo, le scienze fisiche, ognuno il sa, ottennero rapidissimi incrementi. Però la storia di esse conferma, essere stati più cospicui i loro progressi, volta a volta che si scoprirono talune leggi d' indole assai generale. Le leggi del moto dei gravi dimostrate da Galileo, le leggi di Keplero e di Newton su 'l moto dei pianeti e dei satelliti, le leggi di Proust e di Dalton su le proporzioni definite e multiple nelle combinazioni chimiche, le leggi di Haüy per la cristallografia, le leggi di Ampère per i fenomeni elettro-magnetici, le leggi di Lavoisier e di Liebig su la calorificazione e su l'alimentazione normale degli animali, le leggi teratologiche di Saint-Hilaire, ed altre tali, addussero singolari incrementi nelle scienze naturali, appunto perchè ognuna di esse valse a collegare molti fenomeni, ad un primo aspetto, tra loro assai disparati.

In oggi due grandi leggi, o meglio due fatti supremi per la scienza stanno per essere posti in chiaro: l'equivalenza delle forze fisico-chimiche, e la connessione, per opera del sole, di tutti i fenomeni meteorici, fisici, ed astronomici del sistema planetare. E ben notevoli progressi ne dovranno derivare per la scienza stessa.

(*) Dal periodico *La Ragione*, Gennaio 1857. N. 129 e 130.

I.

I diversi fenomeni di moto, di affinità, di calore, di elettricità, di magnetismo, e di luce, si mostrano tra loro corrispondenti; perciocchè, partendo da uno qualunque di essi, si possano promuovere li altri tutti. Ad esempio, in opera d'un moto meccanico si provocano fenomeni di calore o di elettricismo, e dietro questi fatti chimici o magnetici, luce e movimenti totali o vibratorj nei corpi. Altrettanto si verifica, prendendo qual fenomeno primo un'azione chimica od elettrica, un'azione termica o magnetica.

Molti fisici riguardano li anzidetti diversi ordini di fenomeni quali speciali effetti di altrettante distinte forze, operanti su la materia dei corpi. Ma giacchè cotesti fenomeni si possono a vicenda suscitare li uni a mezzo degli altri, e giacchè nel concetto, che ci forniamo d'ognuno di essi, va sempre implicito quello di uno smovimento molecolare, ci sembra più semplice il considerarli quali modi diversi di agire della materia stessa, ossia quali dirette manifestazioni delle sue proprietà. Non è possibile concepire una forza disgiunta da materia, del pari che la materia, guardata isolatamente da ogni forza, riducesi ad una vana astrazione. I due concetti di forza e di materia sono tra loro correlativi ed inseparabili.

Perchè accada un fenomeno, ossia perchè sorvenga una mutazione nello stato di un corpo, è necessario sia anteriormente avvenuta una mutazione nello stato degli altri corpi ad esso circostanti, ed è necessario sussista una determinata relazione fra le proprietà (attitudini a produrre dati fenomeni) dei corpi stessi. Per ciò la causa fisica di un fenomeno sta in altri fenomeni, e nei rapporti che tra essi sussistono. Ed un fenomeno fisico può

tanto riguardarsi come un atto della materia de' corpi, quanto un' azione delle forze in questi insidenti; e sempre esso risolvesi in una trasmissione di moto da corpo a corpo, o da molecola a molecola. Imperocchè la manifestazione di una forza qualsiasi presuppone sempre un moto anteriore, e produce sempre un moto od effettivo o virtuale, il quale alla sua volta modifica il moto produttore. Sarebbe adunque il moto la più semplice manifestazione d'una forza, ossia l'atto fondamentale della materia dei corpi.

Se non che nelle singole specie di corpi, essendo differente il modo d'aggregamento, o la natura delle molecole, una data quantità di moto produce in ciascheduna di esse fenomeni differenti; onde si dicono dotate di differenti proprietà fisico-chimiche. Aggiungasi, che fra le molecole de' corpi ponno sussistere insieme o separatamente varie sorta di movimenti vibratorj, e che poi uno stesso movimento può apparirci sotto diversi aspetti, ovvero può essere da noi diversamente percepito, sia a motivo dei varj organi de' sensi, cui esso si trasmette, sia a motivo de' varj strumenti, che ci servono a segnalarlo in diversi modi, od a misurarne la grandezza (termometro, elettrometro, fotometro, voltmetro, magnetometro, manometro, igrometro, ecc.). Quindi a ragione disse Galileo nel *Saggiatore*: « I sapori, i colori, li odori, i suoni, il calore non sono qualità intrinseche dei corpi, ma tengono solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale sono tutte annichilate, mentre nei corpi esterni, ad eccitare in noi quelle diverse affezioni, altro non si richiede che grandezze e movimenti di varie dimensioni e velocità. »

E se pure si vorranno ammettere diverse forze fisico-chimiche, converrà aggiungere, che esse sono a vicenda trasformabili le une nelle altre. Ma soprattutto importa

notare, che in siffatti scambj di forze si conserva inalterata nella materia de' corpi la somma delle forze vive (Per forza viva di un corpo in movimento s'intende la metà del prodotto della sua massa per il quadrato della sua velocità). Questo principio di meccanica astratta è ormai messo fuori di dubbio sperimentalmente per ciò che concerne la tramutazione d'un moto meccanico in calore, o reciprocamente del calore in un moto meccanico, giusta la teoria dinamica del calore.

Senza far questione su la natura propria del calore, vien questo considerato puramente siccome una forza motrice, la quale, operando su le molecole dei corpi, produce un aumento nella loro forza viva, oppure un lavoro meccanico. Ogni variazione nella temperatura di un corpo corrisponde ad una variazione nella velocità di vibrazione delle sue molecole, e quindi ad una variazione nella loro forza viva. Ed affinchè un corpo si dilati, oppure da solido si faccia liquido, e da liquido si trasformi in vapore, è necessario che il calore compia in esso un lavoro meccanico, aumentando le distanze tra le sue molecole contro l'azione delle forze di coesione e di pressione esterna. Perciò quanto più valida è la coesione in un solido od in un liquido, e quanto maggiore è la forza meccanica necessaria per comprimerlo, tanto più grande è la quantità di calore richiesta per produrre in esso un dato aumento di volume, ove non muti stato, oppure per liquefarlo se è solido, o per vaporizzarlo se è liquido. In tutti i fenomeni del calore, come negli ordinarij fatti meccanici, avviene una trasformazione di forza viva in lavoro motore, o reciprocamente una conversione d'un lavoro motore in forza viva: e questi due elementi del fenomeno sono commisurati l'uno all'altro, giusta le leggi d'inerzia. Quindi la quantità di lavoro meccanico necessaria a svolgere una *caloria* (l'unità convenzionale delle quantità

relative di calore), ovvero la quantità di lavoro producibile da una caloria (quantità, che è denominata *equivalente meccanico* del calore) risulta sempre la stessa, pur seguendo de' processi tra loro assai differenti, per operare la conversione d'una forza motrice meccanica in calore, o reciprocamente.

Anche nelle trasformazioni dell'affinità o del calore in elettricità si verifica l'anzidetto principio della equivalenza delle forze.

Già la meccanica aveva dimostrato, che una qualsiasi macchina, semplice o composta, non può aumentare nemmeno d'un punto l'efficacia della forza motrice ad essa applicata, pur supponendo nulli li attriti, e nulle le resistenze dei mezzi, che in fatto sono sempre rilevanti, ed a tutto scapito della forza motrice. Così che, anco in tale ipotesi, una macchina qualunque produrrebbe un lavoro dinamico (corrispondente al prodotto della massa, cui essa trasmette il moto per lo spazio che le fa percorrere in un dato tempo), appunto eguale a quello, che in egual tempo otterrebbe applicando direttamente la medesima forza motrice alla stessa massa, senza l'intermezzo della macchina. Nondimeno le macchine giovano, in quanto che per esse si ponno accumulare le azioni d'una data forza motrice, operante per un dato tempo. Di tal modo una data massa, moventesi con una data velocità, può mettere in moto una massa molto maggiore, imprimendole però una velocità proporzionalmente minore; o reciprocamente, per mezzo d'una macchina, può imprimerli una notevole velocità ad una data massa. in opera d'una massa molto maggiore, moventesi lentamente.

Ora la fisica vien dimostrando, che pur con qualsiasi trasformazione di forze non può ottenersi un effetto utile maggiore di quello, che s'avrebbe procedendo direttamente, senza una tale trasformazione. Però nei singoli casi,

ad eseguire un dato lavoro, ci torna comodo di adoperare piuttosto una che altra forza, e quindi ci par conveniente di tramutare in quella le altre forme di forza. Ad esempio, la forza espansiva del vapore è assai maneggevole, cioè suscettibile d'essere facilmente o accumulata, o ripartita, o guidata ad arbitrio nostro. Ma a promuovere cotesta forza s'adopera comunemente l'affinità, cioè la combinazione dell'ossigeno atmosferico col carbonio e con l'idrogeno dei varj corpi combustibili: e mercè la combustione, l'affinità si trasforma in calore, il quale produce il riscaldamento, la dilatazione, e l'evaporazione dell'acqua, e poscia la forza espansiva del vapore, che va rapidamente crescendo con l'aumentare della temperatura. In tal caso non tutto il calore svolto dalla combustione può trasformarsi all'acqua: inoltre va perduta quella parte del calore comunicato all'acqua, che serve a dilatarla e scaldarla sino alla temperatura d'evaporazione, e di poi a trasformarla in vapore, vincendo la coesione del liquido, che nell'acqua è ragguardevole. Anche nelle migliori macchine a vapore a condensazione si utilizza, trasformandolo in forza motrice, appena un quarantesimo circa del calore svolto dall'azione chimica. Pertanto, qualora si possano adoperare direttamente le forze naturali senza trasformarle, sarà cosa, in generale, più conveniente.

II.

Ancor più interessanti sono le considerazioni, che si ponno fare intorno alla comune fonte prima delle forze motrici su la terra.

Ormai la meteorologia moderna è giunta a provare, che la variabile azione calorifica del sole su i singoli punti della superficie terrestre è il primo movente, o la prima condizione di quasi tutti i fenomeni meteorici, che

in ciascun d'essi si verificano. Imperocchè cotesta variabile azione dei raggi solari origina non solo le variazioni diurne ed annue nella temperatura dell'aria e del suolo, ma altresì le variazioni diurne ed annue, sì regolari che accidentali, nella pressione atmosferica, nell'umidità dell'aria, nella direzione ed intensità dei venti, tanto periodici, quanto irregolari, nello stato elettrico dell'aria e del suolo, e nella declinazione ed inclinazione degli aghi magnetici. Quindi il sole può dirsi l'agente primo di tutti i moti, che conseguono nell'aria, nell'acqua, e nelle altre parti superficiali della terra, per ciascuna delle dette variazioni. È il calor solare, che mantiene liquida l'acqua su 'l nostro pianeta, e che evaporandone di continuo una porzione, la solleva in alto, mettendoci così in grado di approfittare della di lei inerzia come punto d'appoggio (pe' l' moto delle navi co' i remi, con le ruote, e co' i propulsori ad elice), e della di lei gravità (per il moto delle ruote idrauliche, delle turbine, ecc.). I navigli a vela, i mulini ad aria, mossi dai venti, utilizzano parte di quei moti, che, come testè si disse, provengono dall'azione calorifica del sole su la terra. Giusta poi le supposizioni di Herschel e di Laplace, anche il calor centrale della terra, e quindi i varj fenomeni, che da esso dipendono (sollevamenti delle catene montuose, eruzioni vulcaniche, terremoti, acque termali, ecc.), avrebbero avuto il loro primo movente nel sole.

Il calore e la luce solare determinano altresì nei vegetabili le principali azioni fisico-chimiche, cooperanti allo sviluppo ed al mantenimento del loro organismo. Vuolsi segnatamente ricordare, che per opera della luce solare effettuansi tranquillamente nelle loro parti verdi (foglie ed epidermide dei fusti e dei rami ancor teneri) alcune decomposizioni, ad ottener le quali, il chimico, per altre vie, deve adoperare forze assai valide. L'acido

carbonico, l'ammoniaca, l'acqua, ed altre sostanze gazo-
se o solide, in quest'ultima condensate o disciolte, che ven-
gono fornite dall'aria, dal suolo, e dai concimi alle piante,
ed alle erbe, subiscono determinate decomposizioni e ri-
composizioni. Gran parte dell'ossigeno si svolge libero
nell'aria, mentre il carbonio, l'idrogeno, l'azoto, ed il
restante ossigeno, in un con l'acqua, costituiscono i di-
versi materiali organici dei vegetabili stessi. Cosicchè la
luce solare è l'agente di tutte le chimiche trasformazioni
necessarie alla nutrizione delle tante e svariatissime specie
componenti il regno vegetale.

Ed i vegetabili compiono adunque su la terra molti
ed importanti officj. Mantengono pressochè costante la
composizione dell'atmosfera, operando su di essa in senso
opposto a quello con cui operano li animali, i quali con
la loro respirazione, e con le loro escrezioni diminuiscono
la quantità dell'ossigeno libero, ed aumentano la quantità
dell'acido carbonico, del vapor aqueo e dell'ammoniaca.
Inoltre il regno vegetale prepara le sostanze alimentari
per tutte le specie di animali; poichè queste, o si nu-
trono direttamente di erbe, di grani, di frutta, ecc., o si
nutrono delle carni d'animali erbivori o granivori. E li
alimenti, nell'atto stesso che servono alla nutrizione de-
gli animali, producono in questi il calor vitale, e la loro
forza muscolare. I composti ricchi di carbonio, o d'idro-
geno (fecole, gomme, zuccheri, materie grasse, alcool, ecc.),
presi come alimenti, originano per mezzo della respira-
zione il calore proprio, che manifestano tanto l'uomo,
quanto li altri generi di animali a sangue caldo. I com-
posti azotati (albumina, caseina, fibrina, ecc.) servono alla
riproduzione dei principali tessuti dell'organismo animale,
riparando anche al consumo, che di essi accade per i di-
versi lavori compiti per istinto, o per volontà dagli stessi
animali. Anche il lavoro intellettuale produce nell'uomo

un consumo di materie azotate. E li animali con le stesse loro funzioni di respirazione e di escrezione, e con la scomposizione del loro organismo, conseguente alla loro morte, ridanno all'aria ed al suolo le materie organiche e minerali necessarie alla vita dei vegetabili. Laonde la sussistenza del regno animale su la terra, e quella del regno vegetale sono tra loro intimamente connesse, talchè l'una non potrebbe perdurare senza dell'altra. E nel potere dinamico dei raggi solari, trasformato in affinità, e fissato da prima nel parenchima delle foglie, sta l'agente primo delle varie azioni vitali, sì dei vegetabili che degli animali.

Anzi nel potere dinamico dei raggi solari accolto, quasi entro magazzino, nell'organismo vegetale, sta del pari la fonte prima di molte forze, che l'uomo provoca su la terra per i proprj bisogni. Infatti i varj prodotti vegetali, ricchi di carbonio o d'idrogeno (legna, carbone, olj, alcoli, resine, ecc.), con la loro combustione, ci porgono una copiosa sorgente di calore e di luce. Avvertasi, che pur le grascie, le cere, e le resine animali, che talora si abbruciano per promuover luce, come si fa con le candele di sego, di cera, e d'acido stearico, derivano anch'esse da analoghe sostanze, che li animali traggono dagli alimenti vegetali. Ed anco i diversi combustibili fossili (litantrace, antracite, lignite, torba, bitume, petrolio, gas illuminante, ecc.), i quali ci forniscono oggidì una fonte di calore e di luce, non meno ricca di quella portaci dagli altri summenzionati combustibili, derivano, come ognuno sa, dalla vita vegetale, che ebbe luogo sul nostro pianeta nelle trascorse vetustissime epoche geologiche. E similmente la poderosa forza motrice, che l'uomo trae dal vapore acqueo — come si notò più sopra — o dall'aria, a mezzo del calore, è somministrata dai varj combustibili, sia fossili, sia vegetali: però in tal caso il poter dinamico dei raggi

solari si trasforma prima in affinità, poi in calore, e per ultimo in forza motrice meccanica.

Nel sole sta adunque la condizione prima, non soltanto dei moti astronomici della terra, ma altresì di tutti i fenomeni meteorologici e geologici, non che della vita vegetale ed animale, e di tutte le forze motrici, che su di essa si producono.

E ciò, che il sole opera su la terra, egli opererà pure, benchè con diversa misura, secondo le loro condizioni di distanza, e di costituzione nella superficie, su li altri pianeti ed astri, che fanno parte del suo sistema. E però nel sole si connettono, e si coordinano tra loro i diversi fenomeni astronomici fisici, e fisiologici, verificantisi nei singoli astri, che gli fanno corona.

Ed analogamente ogni stella sarà centro e motore primo dei fenomeni, che si succedono su li astri minori del proprio sistema. Ma anche le stelle formano tra loro dei sistemi stellari grandissimi, denominati ammassi di stelle o nebulose risolubili, in opera di quella stessa gravitazione, per cui nel centro del sole sta uno dei fochi di tutte le orbite ellittiche dei pianeti, e delle comete del suo sistema. Anzi li stessi sistemi stellari formar devono similmente tra loro un unico e sterminato sistema, quello appunto, che saviamente li antichi romani chiamarono universo, per denotare, che tutte le cose esistenti *vertunt ad unum*, cioè hanno un comun centro di moto. Quindi anche i diversi fenomeni fisici, che si avvicendano negli innumerevoli astri dell'universo, sono di necessità tutti connessi e coordinati tra loro. E di conseguenza anco le forze, e le proprietà dei corpi saranno tutte tra loro intimamente collegate.

Pertanto l'ordine nell'universo, ossia l'unità nella varietà, che l'antica filosofia poneva sul limitare della scienza quale un dogma religioso, o quale un principio di ragione

speculativa, oggi ci si offre invece quale risultato riassuntivo dei diversi studj analitici, e sperimentali su la natura. E cotesta differenza è di gran momento per l'autonomia della scienza. L'ordine accenna li intimi, e molteplici rapporti, che corrono tra fenomeno e fenomeno, tra cosa e cosa: anzi è una mera dipendenza dei rapporti stessi. L'ordine è anch'esso un fenomeno, ma d'indole assai generale, risultando dalla connessione sussistente fra tutte le serie di fenomeni, fra tutte le parti dell'universo. E questa connessione non è posta quale atto primo, e quasi a dire arbitrario della natura, o d'una intelligenza suprema, ma sorge quale effetto ultimo e necessario della coesistenza e varietà delle sostanze, poichè queste operano di continuo, e scambievolmente le une su le altre. In altre parole, la pluralità degli esseri dà luogo a multiformi azioni od influenze di tutti su ciascuno, e ad un correlativo numero e grado di reazioni di ciascheduno su tutti. E per cotesta vicenda continua di azioni e reazioni si mantiene inalterata la quantità delle forze, a traverso una incessante mutazione nelle condizioni o nella fenomenalità d'ogni cosa.

Ripudiano pertanto ai principj fondamentali della filosofia induttiva e sperimentale quelli scienziati — e pur troppo sono ancor molti — i quali, vedendo avere i corpi tali e tal'altre proprietà, che si mostrano coordinate l'une alle altre, si fanno ad ammirare e lodare la divina sapienza o la provvidenza. Non v'è corpo, le cui proprietà non abbiano varie attinenze con le proprietà dei corpi circostanti. Ond'è, che mutando per esso le condizioni esterne o le circostanze, si muteranno pur talune delle sue proprietà: ma ancor le nuove proprietà mostreranno alcune dipendenze e relazioni con lo stato degli altri corpi. Ogni modificazione, che accadesse nello stato termico od elettrico del sole, importerebbe sensibili modificazioni

nelle condizioni fisiche di tutti li astri del sistema solare; ma ancor dopo, ogni parte mostrerebbesi coordinata col tutto, come lo è di presente. Se li elementi costitutivi dell'universo fossero stati dotati di proprietà differenti da quelle, che hanno in fatto, ne sarebbe venuta una differente disposizione nelle cose, ed una differente successione nei fenomeni della natura: ma tuttavia ogni cosa sarebbe trovata giustamente coordinata con le altre, ed ogni fenomeno sarebbe apparso dipendente e collegato con li altri fenomeni anteriori e simultanei. Insomma l'ordine è nella natura un fatto necessario, e non mica un fatto prestabilito da una intelligenza o volontà suprema. L'idea di un fatto provvidenziale è in aperta contraddizione con i principj, e con i trovati del metodo sperimentale.



DI ALCUNI INTENTI DELLE SCIENZE NATURALI (*)

I.

Ci sembrano indizio di non lontana virilità per le scienze fisiche i molti e rilevanti studi pubblicati in questi ultimi anni ed indirizzati al popolo; cioè non tanto ai dotti, quanto alla comune delle classi istruite. Oltre alle varie enciclopedie popolari, date fuori quasi in ogni parte d'Europa, basti il menzionare alcune opere più conosciute tra noi, quali sono il *Cosmos* di Humboldt, l'*Astronomia popolare* e le *Notizie scientifiche* di Arago, il *Museo scientifico* di Lardner, i *Fenomeni della natura* di Zimmermann e Valerius, il *Mondo prima dell'uomo* dello stesso Zimmermann, i *Principii di geologia* di Lyell, l'*Abbozzo d'Astronomia* di Herschell, la *Fisica popolare* di Plateau e Quetelet, le *Lecture su le scienze* di Babinet, e la *Storia delle recenti scoperte* e le *Annale scientifiche* di Figuier. Queste e tant'altre analoghe pubblicazioni provano a sufficienza, essere in oggi più che mai sentita l'importanza di diffondere nel popolo il più largamente possibile i principii delle scienze naturali. E noi teniamo per fermo dover scaturire appunto da cotesti principii una novella filosofia, la quale esibirà al popolo le massime direttive della propria vita, senza ricorrere a strani supposti od a tradizioni inattendibili. Poichè codesta dottrina, svelando le molte ed intime relazioni sussistenti fra l'uomo e la

(*) Dal *Crepuscolo*, Anno X. Numeri 5 6 e 8 (Marzo 1859).

natura, metterà in chiaro la perfettibilità e solidarietà dell'uman genere, e quindi essa varrà meglio d'ogni altra a rilevare nell'individuo umano il sentimento della propria dignità, stimolandolo al lavoro, allo studio ed all'amore fraterno, che sono od esser devono per lui le precipue fonti di felicità.

Ma ad esporre popolarmente la scienza richiedonsi tali e tante doti, che ben di rado si riscontrano consociate in uno scrittore. Non basta una superficiale conoscenza delle cose scientifiche, come non basta una discreta arte letteraria. Per istruire davvero il popolo, e per farsi leggere ed intendere da esso, richiedesi una cognizione profonda delle dottrine scientifiche, ed insieme un pensare libero e scevro da pregiudizj; richiedesi una squisita arte letteraria, non iscompagnata da un linguaggio chiaro e preciso ad un punto; e richiedesi soprattutto una speciale sagacia nello scegliere i principii più importanti da svolgere, nel coordinarli tra loro convenientemente, e nel rischiararli con acconci esempi.

In molti libri scientifici, che pur s'intitolano popolari, evvi un'esposizione troppo sistematica e troppo arida delle dottrine, per ciò che la natura non vi è delineata qual'è in realtà, ma quale se la fingono alcuni scienziati. Costoro scambiano di sovente le necessità del metodo inventivo coi processi della natura, e, dietro le divisioni e distinzioni artifiziose dell'analisi, più non sanno rilevare le intime colleganze dei varii ordini di fenomeni e dei varii gruppi di cose, nelle quali colleganze sta invece il segreto della vita (e si noti che qui non intendiamo usare un traslato) sì del nostro pianeta che dell'universo. In altri libri non si sanno cogliere i punti fondamentali da mettere in rilievo; oppure, di mezzo ad una farraggine di particolari, si lasciano adombrate le cose generali. Al popolo non soltanto interessano le applicazioni dei principii

scientifici alle diverse arti; ma ancora — e forse anzitutto — interessano certe vedute sintetiche della scienza, certe generali relazioni esistenti fra le svariate serie di fatti. Or queste generalità, che costituir devono la naturale filosofia, o non si avvertono o si trasandano da molti dotti, la mente dei quali è ingombra di non pochi pregiudizii. Ed in qualch'altro libro di scienza per il popolo, volendo esser brevi, si adoperano frasi poco precise, che lasciano nel vago o svisano i concetti scientifici. Laddove la precisione od esattezza nelle definizioni e nell'uso dei vocaboli è principale requisito per ottenere chiarezza nella esposizione.

Se citare dovessimo un modello di libri scientifici veramente popolari, non sapremmo trovarne altro migliore dei *Dialoghi* di Galileo sul sistema del mondo. In questi scorgiamo il rigore delle argomentazioni e l'esattezza delle frasi allearsi mirabilmente con una appropriata varietà di esempi e di digressioni, che valgono a mantener vivo l'interesse nel lettore, senza fargli perdere di vista l'argomento principale. Fra le moderne pubblicazioni non conosciamo alcuna che possa — sì dal lato scientifico che dal letterario — reggere al paragone di quell'opera veramente imperitura. Per quanto siano stimabili i succitati lavori di Humboldt e di Arago, non vi rinveniamo quella lucidezza e quel sagace ordine nelle idee, che rendono così attraenti i dialoghi del sommo fiorentino: e soprattutto — badando al ben diverso sviluppo delle scienze da que'tempi ai nostri — non vi scorgiamo spiccati certe larghe ed indipendenti vedute sintetiche, le quali sollevar devono la scienza sperimentale a quella dignità, che un dì s'arrogava solo la filosofia ideale. Per questo riguardo, tra i libri summenzionati, troviamo lodevole, benchè non vada scevro di difetti, quello di Zimmermann su l'antica istoria della terra.

E nel mentre Galileo, sin d'allora, si adoperò a provare la necessità e la convenienza di svincolare le dottrine scientifiche dagli impacci dei sistemi metafisici e teologici, vediamo oggi ancora alcuni malaccorti popolarizzatori delle scienze confondere tuttavia il compito e le tendenze della naturale filosofia colle pretese dell'ontologia e della teologia. A nostro avviso, è codesto un deplorabile traviamiento, che conduce a scambiare la missione operosa della scienza progressiva colle vaghe ed infeconde aspirazioni del misticismo. La scienza — diceva Galileo — non deve riconoscere altra autorità fuor quella della ragione; e questa vuol essere di continuo guidata e sorretta dalla esperienza e dal calcolo. Epperò abbiain detto poco sopra, che le scienze naturali ci sembrano chiamate fra non molto a costituire da sole le basi d'una vera filosofia, indipendente da ogni dogmatismo e da ogni tradizione.

Abbiamo pur detto testè che le menti dei dotti sono ingombre di alcuni pregiudizii. E per noi sono pregiudizii certi fantastici concetti posti a base di molte teorie scientifiche. Al qual proposito va ricordata un'anrea massima di Galileo — ed ei non l'apprese certo da Cartesio — essere il dubbio padre dell'invenzione, facendo strada allo scoprimento del vero. Epperò ai dì nostri vedemmo non poche e rilevanti scoperte, fatte da coloro appunto che ardirono mettere in dubbio talune dottrine, già riputate salde dalla comune dei fisici. Ben è vero che alcune supposizioni teoriche sembrano talora prestare aiuto nella esposizione o nella coordinazione dei fenomeni. Ma più spesso formano un grave inciampo al progredire delle scienze, sia appagando la mente di vuote frasi, che la distolgono da ulteriori indagini, sia facendoci riguardare i fenomeni sotto un falso ed incompiuto aspetto, per cui non si scorgono talune delle condizioni necessarie alla

loro produzione, o di talune correlazioni esistenti tra quelli ed altri fenomeni. Così il supporre le forze come alcun che di distinto dalla materia de' corpi, riguardata quasi puramente quale un esteso impenetrabile, rese assai difficile l'intelligenza dei più comuni fatti di fisica o di meccanica, a comprendere o collegare i quali la porosità, l'elasticità, e varie altre proprietà si mostrano non meno essenziali della estensione e della impenetrabilità. E del pari le ipotesi di tanti speciali fluidi imponderabili, ammessi insino ad oggi dai fisici per ispiegare i fenomeni termici, elettrici, magnetici ed ottici, impedirono di scorgere le intime attinenze di queste diverse classi di fenomeni, rilevate appena in quest'ultimi anni, siccome accenneremo più avanti. Così anche certi arbitrarii concetti di forze vitali, supposte ne' corpi organizzati per dare ragione di molte loro proprietà, distolsero per lunga pezza i fisiologi dallo studiare la peculiare composizione e la intima struttura di tali corpi, non che le relazioni sussistenti fra le loro proprietà e quelle de' corpi inorganici, quali si vanno disvelando ognor più dalla fisica e dalla chimica applicate alla biologia. E dovèchè codeste immaginazioni di tanti fluidi o di tante forze mirano a diversificare e disgiungere fenomeni da fenomeni, ed abituano gli studiosi a sorpassare le difficoltà, creando novelle forze ad ogni fatto che in su le prime sembra inesplicabile colle acquisite cognizioni, dovrebbero all'incontro gli scienziati adoperarsi con diligenti e minuti confronti e tentativi per aggruppare e collegare tra loro i varii fatti. Giacchè la storia delle scienze naturali conferma che esse progredirono anzitutto per semplificazioni o per connessioni, scoprendosi volta a volta leggi sempre più comprensive o generali, di mezzo all'apparente varietà dei particolari.

Aggiungemmo poi, che la naturale filosofia deve pro-

cedere libera nelle sue ricerche e nelle sue induzioni, con riguardo soltanto ai dati sperimentali e matematici, e senza riguardo alcuno alle dottrine ontologiche e teologiche. Queste da sole, in tanti secoli, non seppero formulare fuorchè strane o ridicole congetture intorno all'origine ed alla costituzione dell'universo, quali sono quelle proposte da molti filosofi dell'India, della Persia, dell'Egitto, della Grecia, di Roma e dell'Evo medio. Invece, uacchè l'astronomia e la geologia furono studiate con giusto metodo e con vedute indipendenti, si rilevò la possibilità di costituire una cosmologia razionale, basata sui fatti, e rispondente ad un concetto sublime dell'universo.

E qui vogliamo notare come erroneamente taluni si pensano che la moderna astronomia, col provare che la terra è nulla più d'un punto al cospetto dell'universo, abbia pur rimpicciolita la dignità dell'uomo. Poichè la mente nostra, appunto riconoscendo sconfinato lo spazio, riconobbe doversi tenere illimitato anche il tempo. Ed infatti ad ogni nuovo perfezionamento recato ai telescopii, mentre si fanno visibili nuove congerie di stelle (le nebulæ), dianzi inosservate a motivo della estrema loro lontananza, devesi pur riconoscere in esse — avuto riflesso al tempo richiesto al cammino della luce — una data di esistenza proporzionatamente più remota di quella riconosciuta per le stelle già note. Di tal modo l'umano pensiero venne ad ammettere una vetustà adeguata all'immensità dell'universo, ed a formare congetture su le antichissime vicende sì della terra che di altri astri. E fu questo per certo il più ardito volo della fantasia, soccorsa dalla ragione. Così la cosmogonia di Laplace di tanto trascende le cosmogonie degli antichi di quanto le dimensioni dell'universo in oggi conosciuto trascendono l'angusta cerchia del mondo immaginato da Tolomeo.

Ed in vero, al paragone di codesta razionale e subli-

me congettura di Laplace, qual mostra meschina ponno fare le confuse ed inesplicate idee di alterne creazioni e distruzioni della terra messe innanzi dagli antichi cosmogonisti de' varii popoli orientali? Nè meno stolte ci appajono certe cosmogonie d'or fanno due secoli, che ponevano mere concrezioni minerali, da natura foggiate per semplice trastullo (*lusus naturae*), i tacti e svariati fossili che stanno rinchiusi nelle diverse rocce. E più insulse ancora si mostrano alcune teorie dello scorso secolo, le quali, per ossequio alla genesi mosaica, supposero prodotte in una stessa epoca, in opera d'un universale diluvio, tutte le rocce stratificate; senza pur curarsi di spiegare come queste si fossero poi qua e là elevate ad altezze d'alcuni chilometri sul livello dei mari, oppur senza accennare d'onde fosse venuta e dove si fosse poi ritratta l'immensa copia delle acque richieste a disgregare e fluire d'un tratto i tanti terreni costituenti la corteccia terrestre. Ed è notevole che, quand'anco nel secolo XVIII la scienza si fosse già guadagnata un'autorità ben maggiore di quella ch'essa aveva ai tempi di Copernico e di Galileo, la geologia incontrò nelle tradizioni teologiche resistenze ed opposizioni non minori di quelle incontrate dall'astronomia; e tuttodì essa affatica a procacciarsi un libero arringo.

Nel formulare una ipotesi cosmogonica devesi avere per primo intento, come appunto fece Laplace, di collegare tra loro i precipui fatti della terra e degli altri astri che formano un sistema col sole. Poichè le scienze d'osservazione — già il dicemmo — progrediscono segnatamente col disvelare talune relazioni sussistenti fra diversi gruppi di fatti che dianzi ci apparivano tra loro slegati. Galileo, ad esempio, trova un nesso fra le leggi del moto de' corpi cadenti, le leggi del moto dei progetti e quelle del moto oscillatorio dei pendoli: e con ciò mette in

chiaro quella proprietà dei corpi terrestri che è detta gravità. In seguito Newton dimostra essere la stessa gravità che impedisce alla luna di scostarsi dalla terra, e si fa a congetturare, che per una proprietà analoga la terra e gli altri pianeti siano rattenuti dall'allontanarsi dal sole, ed i varii satelliti non possano abbandonare i rispettivi pianeti. Anzi conferma egli poi la sussistenza di siffatta proprietà ne' corpi celesti, denominata gravitazione, col dimostrare che le leggi già trovate da Keplero relativamente al moto dei pianeti e dei satelliti sono una semplice dipendenza delle leggi d'azione della proprietà stessa. Infine Cavendish, colla bilancia di torsione, riconosce codesta gravitazione anche fra i corpi terrestri, liberi di muoversi nonostante la loro gravità. Ed ecco che per questa importante serie di indagini venner collegati tra loro tutti gli accennati fenomeni de' corpi terrestri e celesti, siccome altrettante dipendenze d'un unico fatto fondamentale dell'universo, la reciproca gravitazione di tutti i corpi. Di più risultò di tal modo dichiarato, che nella fisica col vocabolo *forza* null'altro deve intendersi che un fenomeno, cioè una manifestazione d'una proprietà dei corpi, per cui essi tendono a modificarsi scambievolmente nel loro stato.

Però il moto curvilineo dei pianeti e dei satelliti è necessariamente un moto risultante dalla composizione di due movimenti rettilinei, l'uno tangenziale all'arco ellittico descritto dal centro dell'astro e l'altro diretto verso uno dei fochi della ellisse medesima: cosicchè di codesti due moti l'uno tende incessantemente a discostare l'astro dal centro della curva, l'altro ad accostarvelo pure incessantemente. Ora Newton, come dicemmo, segnalò bensì la sussistenza e l'indole del movimento centripeto (il moto di gravitazione); ma niuna spiegazione ei diede dell'altro movimento, denominato d'impulsione o di proiezione. Sol-

tanto espresse l'opinione, che questo moto fosse stato una volta impresso separatamente a ciascun pianeta ed a ciascun satellite per atto di suprema volontà. Ma codesta non è certo un'interpretazione scientifica del fatto; oltretutto non dà ragione delle particolari distanze dei singoli pianeti dal sole e dei singoli satelliti dal corrispondente pianeta. La scienza, nelle sue indagini per ispiegare i fenomeni naturali, non deve mai riferirsi all'intervento di azioni sovranaturali. Spiegare un fatto scientificamente significa svelare le relazioni od attinenze ch'esso ha con altri fatti: e dove coteste relazioni non le sappiamo vedere, meglio è confessare l'ignoranza nostra, che far ricorso ai prodigi.

Invece l'ipotesi cosmogonica di Laplace porge anzi tutto una ragione di codesto impulso tangenziale dei pianeti e dei satelliti, connettendolo col moto rotatorio del sole. E di più collega tra loro molti altri fatti e molte particolarità concernenti il moto, la situazione, la figura e la costituzione degli astri formanti il sistema solare; fatti che altrimenti appajono sconnessi od arbitrarii. E fu appunto in vista di ciò, che più sopra abbiain denominata razionale la cosmogonia di Laplace, benchè insino ad ora non la si possa riguardare più che una probabile congettura. La concorde direzione da occidente verso oriente, tanto dei moti rivolutivi dei pianeti e del maggior numero dei satelliti, quanto dei moti rotatorii del sole e dei pianeti; la poca inclinazione dei piani delle orbite de' pianeti maggiori rispetto al piano dell'equatore solare; la inclinazione pur piccola delle orbite dei satelliti rispetto all'equatore del corrispondente pianeta; la piccola eccentricità dell'orbita dei maggiori pianeti; un rapporto esistente fra la durata della rotazione del sole e la durata della rivoluzione (tempo periodico) d'ogni pianeta; un analogo rapporto fra la durata della rotazione dei pianeti ed i

tempi periodici dei loro satelliti; la temperatura e la densità molto maggiori negli strati più interni della terra che nei superficiali; i successivi sollevamenti di catene montuose accaduti su la terra; l'esistenza de' monti sui pianeti più facilmente visibili e su la luna, e la maggiore altezza relativa dei monti negli astri minori in confronto ai più voluminosi; la forma e l'indipendenza nei moti dei varii anelli di Saturno; il gran numero di piccoli pianeti sussistenti fra Marte e Giove; la minore densità media ed il maggiore rigonfiamento equatoriale nei pianeti più voluminosi e più lontani dal sole; la situazione e la estensione della luce zodiacale, e parecchie altre particolarità, che accenneremo in seguito, sono altrettanti fatti i quali vengono collegati od interpretati dietro la seguente supposizione.

Tutta la materia che ora costituisce il sole, i pianeti ed i satelliti, in un'epoca remotissima, sarebbesi trovata, per intenso calore, disseminata in istato aeriforme nello spazio che si stende dal centro del sole sin oltre l'orbita del più lontano pianeta (Nettuno?). a forma d'una vastissima atmosfera, dotata d'un comune moto di rotazione da occidente verso oriente. Però sarebbesi essa trovata in uno stato somigliante a quello d'alcune nebulose, che ci appajono quali sterminate, ma diradatissime atmosfere luminose. finora non risolvibili pur dai più possenti telescopj, che cingono un nucleo splendente, e che l'Herschell padre denominò stelle nebulari, reputandole stelle in atto di formazione. Poichè codesta immensa atmosfera solare, a motivo della continua irradiazione calorifica della sua superficie verso il freddo spazio circostante, ed in opera della gravitazione, avrebbe poi subita una lenta ma continua condensazione.

Però, durante una siffatta condensazione saranno avvenute alcune importanti modificazioni nello stato di co-

desta atmosfera, in dipendenza del moto rotatorio in essa presupposto e giusta alcuni principii fondamentali di meccanica. Se in un sistema di punti materiali che ruota attorno un asse, alcune delle sue parti, per le forze intrinseche del sistema stesso, si avvicinano all'asse di rotazione, s'augmenterà in esso la velocità angolare, ossia diminuirà la durata della sua rotazione, per modo da soddisfare al principio detto della conservazione delle aree (cioè per modo che riesca immutata la somma dei prodotti delle masse dei singoli punti per le proiezioni su d'uno stesso piano delle aree descritte dai rispettivi raggi vettoriali). Perciò nell'anzidetta atmosfera la durata della rotazione sarà andata diminuendo mano mano che alcune parti superficiali di essa, condensandosi per raffreddamento, saranno accostate per gravitazione al comun centro di massa, situato questo nell'istesso asse di rotazione. D'altronde, in ogni epoca, codesta massa nebulare avrà presentata la figura d'un ellissoide schiacciato nel senso dell'asse di rotazione e rigonfio all'equatore, come richiede la forza centrifuga, la quale in un sistema ruotante cresce d'intensità in proporzione della distanza che ha ciascun punto dall'asse di rotazione. Però nella zona equatoriale l'estensione dell'atmosfera propria del sole, dotata d'una velocità angolare eguale a quella delle sue parti interne, avrà trovato, pure ad ogni epoca, un limite dinamico in quello strato, ove la forza centrifuga sarà riescita eguale in grandezza alla forza centripeta o di gravitazione. Cosicchè la materia rimasta all'infuori di tal limite avrà continuato, per semplice inerzia, a ruotare attorno al comun centro della nebula colla velocità ch'essa aveva all'atto della separazione, e senza più partecipare alle ulteriori variazioni nella velocità angolare delle parti situate all'interno del limite medesimo.

Un singolare riscontro con cosiffatti fenomeni ci è dato

da una fra le belle sperienze di Plateau su le figure di equilibrio dei liquidi. In una miscela d'alcoole e d'acqua, fatta con tale proporzione che la densità risulti eguale a quella dell'olio d'ulive, s'introduca una certa quantità di quest'ultimo liquido, che starà nuotante di mezzo alla miscela, in forma d'una grossa goccia sferica, a cagione delle sue forze molecolari. Trapassando poi tal goccia con una verghetta metallica, ed imprimendole un moto rotatorio, essa si ridurrà a forma d'un ellissoide schiacciato, componendosi l'azione della forza centrifuga con quella delle forze molecolari: anzi coll'aumentare grado grado la rapidità della rotazione, con che s'accresce pure l'intensità della forza centrifuga, la goccia si schiaccerà per modo da disgiungersi in due parti, l'una interna a forma di sferoide, e l'altra esterna e staccata a forma d'anello ruotante da sè. Chi osserva cotesto fenomeno, non può non ravvisarvi una rassomiglianza singolare, quanto alla figura ed al modo di produzione, col pianeta Saturno e coll'anello che gli sta intorno. Poichè, giusta l'anzidetta ipotesi cosmogonica, per condizioni meccanicamente analoghe, sarebbesi mano mano prodotta la separazione di vari anelli di materia vaporosa nel piano dell'equatore solare.

E separatasi poi una di tali zone anulari di materia cosmica, se appena la condensazione prodotta dal successivo raffreddamento si sarà effettuata con varia misura nelle diverse parti — ed è poco probabile che essa abbia potuto procedere egualmente in ogni parte d'una fascia cotanto estesa — sarannosi formati qua e colà alcuni nuclei di maggiore densità. Intorno a questi, per gravitazione, si sarà a poco a poco aggregata la restante materia vaporosa: tanto più che le differenze nelle velocità di rotazione risultanti nelle parti di diversa densità avranno cooperato a ridurre successivamente le une parti vicine

alle altre. Anzi, per analoghe ragioni, i varii nuclei si saranno mano mano aggregati gli uni agli altri, e tutti intorno ad un solo, se per avventura in quest'uno la densità oppur la massa sarà riescita maggiore che negli altri. Ed ecco costituito il nocciolo d'un pianeta, intorno al quale andrebbe poi aggruppandosi, a guisa d'atmosfera, tutta la materia che già formava la fascia isolatasi, nel mentre che ei proseguirebbe, per inerzia, a trasferirsi in giro da occidente ad oriente attorno alla massa solare, ridottasi entro più angusto spazio. Però la materia vaporosa che, per gravitazione, andrà accostandosi a questo nucleo, secondo che verrà dall'esterno oppure dall'interno perimetro dell'anello, sarà dotata d'una velocità maggiore oppur minore di quella del nocciolo stesso: e queste diverse velocità, componendosi tra loro, provocheranno nel pianeta un moto di rotazione attorno un asse passante pel suo centro di massa e nel verso della velocità prevalente, cioè nel verso medesimo del primo moto generale di rotazione della nebula. Però nei pianeti formati dal condensamento delle zone anulari di maggiore larghezza — quelle staccatesi per le prime — codesta differenza di velocità fra le parti esterne e le interne essendo proporzionalmente maggiore, sarà risultato più rapido questo speciale loro moto rotatorio. E appunto vediamo essere più breve la durata della rotazione nei pianeti più lontani dal sole (almeno possiam dirlo fondatamente per Giove e Saturno) per rispetto a quella dei pianeti più vicini: e ciò quand'anco i primi, trovandosi assai più discosti gli uni dagli altri che non siano i secondi, siano risultati assai più voluminosi di quest'ultimi, raccogliendo intorno a loro la materia diffusa in estesissimi spazi.

Ed ecco di qual modo un unico movimento della materia nebulare, quale tuttodì il riconosciamo nella massa del sole, avrebbe prodotto nei pianeti da essa originati

non soltanto il moto di traslazione o di rivoluzione attorno al sole, ma ben anco il loro peculiar moto di rotazione attorno un proprio asse. Anzi, a cagione della forza centrifuga provocata da quest'ultimo moto, in ciascuna massa planetare sarebbesi poi verificata, col progressivo raffreddamento, una serie di modificazioni analoghe a quelle suindicate per la massa nebulare. L'atmosfera del pianeta, rigonfia verso l'equatore, avrebbe successivamente abbandonate alcune zone a forma d'anello nel piano stesso dell'equatore; la condensazione delle quali avrebbe poi prodotti i nuclei dei satelliti circolanti attorno al pianeta da occidente ad oriente, e ruotanti nel verso medesimo attorno un loro asse. Però nei pianeti prodotti dalle più larghe e più estese fasce di materia nebulare, nei quali, come si accennò poc' anzi, risultò più rapida la rotazione, sarà pur riescita più valida la forza centrifuga all'equatore: e quindi si sarà ripetuto un maggior numero di volte il distacco delle zone equatoriali della loro atmosfera, originando un corrispondente numero di satelliti, ed infine anche il corpo del pianeta avrà conservato un rilevante gonfiamento equatoriale. E così infatti, mentre i pianeti più vicini al sole o non hanno satelliti, o ne hanno un solo, come la terra, i più lontani ne contano in buon numero: quattro ne ha Giove, otto Saturno, oltre un triplice anello, otto Urano, e Nettuno probabilmente più di uno, essendo difficile lo scorgerli, attesa la grande distanza di questo pianeta e la scarsa loro luce di riverbero. Anche il rigonfiamento all'equatore ha in questi pianeti un molto maggior rilievo che nella terra. E si mostrano poi costituiti da sostanze, in complesso assai meno dense di quelle formanti i pianeti più prossimi al sole: giacchè, per gravitazione, la primitiva massa nebulare doveva presentare strati di densità crescente dall'esterno procedendo verso l'interno. Aggiungasi che nei pianeti più voluminosi

e forniti di più alte atmosfere la condensazione avrà proceduto con maggior lentezza che ne' pianeti piccoli, assai meno rapido risultando ne' primi il raffreddamento.

E come i pianeti, prodotti dal successivo distacco e condensamento di varie zone dell'atmosfera solare, continuarono a muoversi per orbite pressochè circolari, aventi il centro poco discosto da quello del sole e situate all'incirca nel piano dell'equatore solare, così anche i satelliti, ingenerati dalla separazione e condensazione di distinte zone dell'atmosfera planetare, continuarono a circolare per orbite poco eccentriche per rispetto al centro del pianeta, e poco inclinate rispetto al piano del suo equatore. D'altronde siffatte eccentricità ed inclinazioni nelle orbite dei singoli pianeti e satelliti devono attribuire alle mutue gravitazioni degli stessi varii nuclei successivamente formati nella nebula solare: epperò saranno maggiori nei corpi di minor massa. Così le rilevanti eccentricità ed inclinazioni di alcuni fra i molti 57?) piccoli pianeti situati fra le orbite di Marte e di Giove, furono probabilmente dovute alle energiche influenze dei pianeti ad essi più esterni, e segnatamente di Giove e di Saturno, la massa dei quali è assai grande per rispetto a quella de' pianeti più interni, cioè più vicini al sole. Anzi è probabile che per queste medesime influenze di gravitazione la fascia anulare separatasi dal sole dopo la formazione di Giove, nel raffreddarsi e condensarsi, siasi suddivisa in gran numero di nuclei speciali, che più non poterono aggrupparsi tra loro. Ed a codeste azioni secondarie, impropriamente dette perturbazioni, sembra doversi pure attribuire il moto rivolutivo inverso (da oriente ad occidente) di due fra gli otto satelliti di Urano.

Vuolsi poi notare che codesta cosmogonia trova un forte appoggio nella sussistenza dei tre anelli, de' quali va adorno Saturno. Giacciono essi presso a poco nel piano

dell'equatore, con qualche lieve differenza d'inclinazione dall'uno all'altro; hanno forma d'anello ellittico, assai sottile rispetto alla sua larghezza, a guisa d'un nastro; il più interno accenna col suo aspetto mutabile e meno rilucente d'esser costituito da materie ancor fluide; sono disgiunti dal pianeta e l'uno dall'altro; ciascuno ha un proprio moto di rotazione; nel più esterno questo moto è meno rapido che nell'anello medio, e nell'interno è più lento che nel pianeta, sicchè la velocità di rotazione va aumentando mano mano dall'esterno verso l'interno. Ora rappresenterebbero essi le zone equatoriali staccatesi da ultimo dall'atmosfera del pianeta; e tanto lì si potrebbero considerare quali satelliti tuttora in via di formazione, quanto si potrebbe supporre aver essi raggiunto, grazie un'uniforme condensazione in tutta la loro estensione, quelle condizioni di stabilità, che sopra si disse potersi ben difficilmente verificare nelle fascie assai più estese dell'atmosfera solare. In ogni modo testimonierebbero essi che il successivo distacco delle zone equatoriali, sia nella atmosfera solare, sia nelle atmosfere planetarie, provenne appunto da ciò che, giusta il principio della conservazione delle aree, la velocità di rotazione e quindi la forza centrifuga crebbero mano mano che il sistema si strinse in un minor cerchio.

Ma il più forte argomento in favore di codesta cosmogonia ci sembra quest'altro, rilevato da Augusto Comte. Una delle leggi di Keplero indica bensì qual rapporto sussista fra le durate delle rivoluzioni dei singoli pianeti e le loro medie distanze dal sole (i quadrati dei tempi periodici essendo proporzionali ai cubi dei semiassemi maggiori delle rispettive orbite); ma non vale essa a precisare per ciascun pianeta, considerato isolatamente, il rapporto sussistente fra la sua velocità e la sua distanza. Lo stesso dicasi per riguardo al rapporto fra il tempo perio-

dico d'un satellite e la sua distanza media del pianeta. Ora nella suesposta cosmogonia codesto rapporto lo si dovrebbe poter calcolare in base all'attuale velocità di rotazione del sole o del pianeta. Ed infatti, supponendo il limite meccanico dell'atmosfera solare esteso insino alle orbite dei singoli pianeti, si trova col calcolo per la durata della rotazione della massa solare, in ciascuna epoca, un valore assai prossimo alla durata della rivoluzione siderea del corrispondente pianeta: e la stessa corrispondenza si trova fra le durate della rotazione d'ogni atmosfera planetare ed i tempi periodici dei rispettivi satelliti. Le differenze che risultano fra i tempi periodici effettivi e quelli calcolati coll'anzidetta legge sono, in generale, assai piccole. Per esempio, l'attuale rivoluzione siderea della luna differisce di meno che un decimo di giorno dalla rotazione terrestre calcolata per quell'epoca in cui la sua atmosfera stendevasi sino all'orbita lunare. Per i pianeti i tempi periodici calcolati riescono minori degli effettivi di circa un quarantacinquesimo del valore di questi ultimi: per la terra, ad esempio, codesta differenza fra l'anno sidereo calcolato e l'effettivo risulta di circa otto giorni. Però siffatte differenze, essendo probabilmente dipendenti dalle modificazioni subite dai pianeti o dai satelliti dopo l'epoca della rispettiva loro separazione dall'atmosfera solare o planetare, potranno forse un dì, come nota lo stesso Comte, metterci in su la via di calcolare approssimativamente le epoche delle successive formazioni dei pianeti e dei satelliti.

E qui giova avvertire che codeste epoche sono tanto remote da doverle contare a milioni di anni, e che forse decorsero dei milioni di secoli dall'epoca della prima formazione del nucleo di Nettuno a quella del nucleo di Mercurio. Per capacitarci di ciò basta il pensare all'enorme quantità di calore che dev'essersi svolta per la suc-

cessiva condensazione della materia nebulare, e quindi dissipata per irradiazione. L'attuale densità media del sole e dei pianeti corrisponde, in complesso, a circa una volta e mezza quella dell'acqua: invece, allorchè l'istessa loro materia era diffusa sino al di là dell'orbita di Nettuno, doveva trovarsi in tale stato di rarefazione da presentare una media densità di appena un duecento cinquanta milionesimo di quella dell'aria atmosferica a livello del mare. Sarebbe dunque avvenuto un aumento di densità presso a poco nel rapporto di uno a duecentonovanta mila milioni. Ebbene, l'aria atmosferica, riducendosi solo ad una densità quattro volte maggiore della primitiva, svolge tanto calore da innalzare la propria temperatura di circa 216.°! Con altre parole possiam dire che la quantità complessiva di calore, la quale dev'essersi svolta durante la condensazione della nebula solare, corrisponde a quella che varrebbe a trasformare in vapore tutta l'attuale massa del sole e dei pianeti, ed a farla distendere sino oltre l'orbita di Nettuno!

II.

La meta più elevata, cui possano, non solo aspirare, ma in fatto raggiungere le scienze fisiche, è quella, già lo abbiamo detto, di determinare le correlazioni e le leggi dei fenomeni naturali. E codeste leggi consistono unicamente nei rapporti di grandezza dei varj elementi dei fenomeni stessi. Nulla di più noi possiamo conoscere di ben fondato. E nulla di più possiamo in fatto determinare, ancor quando diciamo di assegnare la causa di un fenomeno, ovvero di darne la spiegazione. Però queste frasi, appunto perchè meno chiare, dieder luogo ad equivoci, che incagliarono il progredir delle scienze. Molti s'immaginarono, e taluni tuttodi s'immaginano, che la causa di un

fenomeno offertoci da un corpo sia qualche cosa di estrinseco o di essenzialmente diverso dal corpo stesso, come un agente, una potenza, che d'un tratto lo investa e vi provochi il fenomeno. E ciò per un errore logico somigliante a quello, che fe' supporre agli antichi poeti il sole trascinato in giro dal cocchio di Febo, i fulmini lanciati dalla mano di Giove, l'aria sospinta dal soffiare dei venti sprigionati da Eolo, ed altrettali stranezze: errore affatto simile a quello, che trae il volgo non istruito a supporre animata quasi ogni cosa da particolari spiriti, alcuni benefici ed altri malefici, per volontà de' quali sarebbe promosso ogni singolo fatto, ch'egli non sa altrimenti interpretare. Invece ogni fenomeno è puramente una manifestazione d'alcuna proprietà dei corpi, per cui questi tendono — e di continuo — a modificare scambievolmente il loro stato: siccome, ad esempio, rileviamo nei fenomeni di gravitazione. E perciò la causa di un individuato fenomeno è a sufficienza assegnata, ovvero un fenomeno è scientificamente spiegato, lorquando siansi determinate le relazioni sussistenti tra esso e gli altri fenomeni analoghi.

Asserimmo altresì, che in cosiffatte colleganze dei fenomeni sta il segreto della vita, sia del pianeta nostro, sia dell'universo. Epperò esponemmo con qualche estensione l'ipotesi cosmogonica di Laplace, e perchè essa ci sembra un chiaro ed importante esempio del come debbasi procedere nelle induzioni scientifiche, e perchè, mirando essa a connettere tra loro un gran numero di fatti del sistema solare, verrebbe a rivelare d'un tratto l'istoria antichissima e le successive vicende delle singole parti di un tal sistema.

E per vero dalle cose finora esposte intorno a questa cosmogonia potrebbesi arguire, che le condizioni fondamentali della vita nel sistema solare furono e sono queste: il calore, la gravitazione, ed il moto rotatorio comune

alla nebula primitiva. E giacchè il calore considerato nei corpi, come diremo avanti, consiste puramente in un moto di rotazione e di allontanamento reciproco delle loro molecole; e d'altra parte la gravitazione manifestandosi con un moto effettivo e continuo di reciproco accostamento dei varii corpi costituenti il sistema solare, potrebbe pur dire che la vita nel sistema istesso risulti dall'assiduo conflitto di due diversi movimenti, uno di avvicinamento fra le singole parti (moto centripeto o di gravitazione) e l'altro di discostamento reciproco (moto calorifico o di espansione). Or questo conflitto ci appare analogo a quello imaginato dal cosentino Telesio: avendo egli posta la vita dell'universo nella incessante lotta di due agenti, il calore ed il freddo, all'ultimo de' quali attribuiva effetti opposti a quelli del primo, appunto come la condensazione è contraria all'espansione. Tuttavia fra le idee azzardate ed incompiute di Telesio e quelle fondate ed esplicite di Laplace corre una grande differenza quanto al relativo loro valore scientifico.

Appare però ancora inesplicito nella suesposta cosmogonia il fatto fondamentale del moto rotatorio comune alla primitiva nebula solare. Vero è che in natura troviamo essere il movimento una qualità generale dei corpi, tanto che non ve n'ha uno in istato di quiete assoluta: anzi in ogni corpo verificansi ad un tempo parecchi movimenti. E forse l'anzidetto moto rotatorio va collegato col comun moto di traslazione del sole e del sistema planetare rispetto alle stelle, o piuttosto rispetto al centro di massa di quell'immenso sistema di stelle (la via lattea) di cui fanno parte anche il sole e tutte le stelle per noi visibili ad occhio nudo. In questo sistema stellare, che ha forma di un anello a sezione ellittica, coll'asse maggiore nel piano mediano dell'anello stesso, ciascun astro, secondo che congetturò Mossotti, percorrerebbe tutto il

giro del sistema, inoltrandovisi da occidente verso oriente, secondo una linea serpentina, ondeggiante fra l'esterno e l'interno perimetro dell'anello, grazie alla composizione di due movimenti, l'uno tangenziale al contorno, e l'altro normale ad esso, corrispondente al moto di gravitazione verso la linea mediana della grossezza dell'anello istesso. Il sole, insieme cogli astri minori che gli fan corteggio, essendosi già mosso dall'esterno verso l'interno perimetro, troverebbesi attualmente assai vicino a questo ultimo, nell'atto di svoltare per dirigersi invece dall'interno contorno verso l'esteriore: epperò presenterebbe un moto pressochè tangenziale al perimetro interno, procedendo dalla costellazione australe della Croce verso la costellazione boreale di Ercole. Ma comunque sia di ciò, la sussistenza di un moto rotatorio generale, attorno un asse passante pel comun centro di massa, sembra provata abbastanza per alcune nebulose e per alcuni ammassi stellari dalle stesse loro forme, le quali accennano operarvi insieme la gravitazione e la forza centrifuga. Talune hanno la figura di un ellissoide tanto schiacciato da rassomigliare una lente biconvessa, con isplendore gradatamente decrescente dal punto di mezzo dell'asse maggiore verso i suoi due estremi; altre hanno figura di anello ellittico con istriscia oscura nel mezzo; altre hanno un nucleo brillante, circondato prima da anello oscuro e poi da altro anello splendente; ed altre hanno figure ancor più complesse, quali ne rilevò Ross col possente telescopio per lui costruito; ma in ogni caso sembrano esse costituire dei sistemi dinamicamente stabili.

Quanto poi all'altro supposto fondamentale, che in tempi remotissimi le varie parti del sistema solare avessero temperature più elevate assai dell'attuale, non ci pare azzardato: anzi viene appoggiato da buon numero di fatti. La forma ellissoidica dei pianeti, e segnatamente il

forte rigonfiamento equatoriale nei pianeti più voluminosi (Giove e Saturno), dimostra che, ov'essi attualmente fossero pur solidi e nell'interno e nell'esterno loro, in antichi tempi devono essersi trovati, probabilmente in tutta la loro massa, e certo nelle loro parti le meno profonde in uno stato di fluidità od almeno di pastosità, onde poter assumere una figura ellissoidica pressochè regolare, dietro la composizione di due movimenti (centripeto e centrifugo). La sussistenza di catene montuose, e molto elevate relativamente alle dimensioni dell'astro, nella luna e nei pianeti meglio osservabili (Venere e Mercurio), perchè poco discosti dalla terra, o perchè hanno un'atmosfera diafana, come non è forse quella di Marte, una tale sussistenza, diciamo, prova essa pure, che nell'interne parti dell'astro avvenne un graduale passaggio dallo stato liquido al solido, siccome mostreremo tra poco parlando della terra. La formazione degli anelli di Saturno, la quale non pare altrimenti spiegabile che colla cosmogonia anzidetta, ci sembra confermare anch'essa che, se non al presente, in un tempo anteriore la materia di tali anelli siasi trovata in istato fluido. Infine la terra con un gran numero di fatti, studiati in ispecial modo dalla geologia, prova ch'essa fu in epoche remote in condizione di temperatura ben più alta dell'attuale. Anzi dobbiamo ora mostrare come la cosmogonia di Laplace colleghi coi fatti astronomici più sopra notati i primarj fatti della geologia, per modo che questi ultimi basterebbero quasi da soli a metterla fuor di dubbio.

Prendiamo a considerare quella fascia anulare di materia vaporosa, staccatasi dall'atmosfera solare, la quale constitui di poi il nostro pianeta, la terra, in quell'epoca in cui, dopo essersi concentrata intorno ad un solo nucleo, e dopo aver di conseguenza assunto un proprio moto di rotazione, abbandonò nel piano dell'equatore la zona

della propria atmosfera che poscia formò la luna. In allora la massa terrestre, estendendosi sin presso l'orbita lunare (a circa 59, 4 raggi equatoriali della terra), avrà presentata una media densità minore dell'attuale nel rapporto di uno a 210 mila all'incirca. Dev'essere adunque trascorso un gran numero di secoli, o piuttosto di migliaia di secoli da quell'epoca all'attuale, onde far tempo alla dispersione dell'immensa quantità di calore svoltasi durante una siffatta condensazione. Innanzi tutto è da ritenere che, a motivo della gravitazione, la zona equatoriale dell'atmosfera terrestre che produsse poi la luna, fosse costituita da sostanze meno dense, per medio, di quelle che formavano il resto dell'atmosfera istessa. Ed invero attualmente la densità media della luna è minore di quella della terra nel rapporto di 62 a 100; quand'anco la massa lunare debba ormai essersi raffreddata molto di più, anche nel suo interno, che non sia avvenuto per la massa terrestre, sia perchè quella si condensò in forma liquida e solida ben prima di questa, sia perchè il globo lunare, avendo un volume assai minore (un cinquantatreesimo) di quello della terra, avrà subito un raffreddamento molto più rapido. Anzi, dietro una sì bassa temperatura della massa lunare, non è da far meraviglia se alla sua superficie più non riconosciamo nè acqua, nè altro corpo in istato fluido (vaporoso o liquido). E ciò quantunque in epoche remote le parti appena un po' interne di essa siansi trovate in istato di liquidità o di pastosità ignea, sì da dar luogo a dei fenomeni vulcanici, i quali lasciarono segni ben distinti alla superficie lunare coi monti a forma di cono tronco con interno cratere, che su di essa si scorgono in buon numero.

Continuando poi il raffreddamento nell'atmosfera propria della terra, è da credere che le sostanze vaporose più dense e più facili a liquefarsi per raffreddamento sian-

si, per gravitazione, precipitate per le prime verso il centro di massa, ad ingrossare il primo nucleo. Ed è pur da credere che in siffatte condizioni siansi trovati i vapori dei metalli di più difficile fusione e più densi, come il ferro, il manganese, il cromo, il titanio, il rame, il piombo, ecc. Ora le osservazioni fatte col pendolo oscillante a varie altezze od a varie profondità rispetto alla superficie terrestre, come pure le osservazioni fatte colla bilancia di torsione per valutare la gravitazione reciproca di tutti i corpi, concorrono a dimostrare, che il nostro globo è costituito da strati concentrici a densità crescente dalla superficie verso l'interno, e che la media densità dell'intero pianeta è corrispondente a circa 5,63 volte quella dell'acqua pura a 4° C. (ritenuto il medio valore delle esperienze di Baily e di Reich). Da ciò s'inferisce, che nelle parti centrali esser vi debbono sostanze aventi una densità molto maggiore dell'anzidetta, onde compensare la densità ben minore delle parti superficiali, le quali, fatto anche riflesso alla grande estensione ed alle notevoli profondità delle acque dei mari, non che alla poca densità delle rocce superficiali (compresa fra 2,5 e 2,9), avranno forse una densità media poco superiore ad 1,6. Ora i summenzionati metalli soddisferebbero, in generale, a questa condizione di densità superiore a 5,63: ed essi sono appunto i metalli, e massime il ferro ed il manganese, che sembrano predominanti nella formazione delle più antiche rocce. D'altronde le incrostazioni metalliche che formansi nell'interno dei crateri vulcanici, e le esalazioni metalliche che diedero e danno ancor luogo alla formazione dei filoni metallici entro le fenditure delle profonde rocce di trabocco, in contatto colle sostanze interne ancor fuse, basterebbero a mostrare, che queste sostanze siano dei metalli tuttora liquidi per intenso calore.

In seguito sarannosi poi precipitate le sostanze grado

grado meno dense e di più facile liquefazione, quelle cioè che si mantengono vaporose anco a temperature non molto elevate: e per ultimo i corpi più leggieri, quali sono i metalli che formano le terre e gli alcali, cioè l'alluminio, il calcio, il magnesio, il silicio, il potassio ed il sodio, i quali avranno dapprima galleggiato sui metalli più densi dell'interno, avendo essi densità ben poco superiori od anco inferiori a quella dell'acqua. Però, attesa la grande affinità per l'ossigeno, per il cloro e per il solfo, si saranno ben presto trasformati in ossidi, in cloruri, in solfuri. Nel qual atto avranno provocato un ragguardevole sviluppo di calore, che sempre accompagna le chimiche combinazioni, e che è appunto grandissimo nell'unione dell'ossigeno, del cloro e del solfo coi metalli ora indicati. E questo calore avrà contribuito a rallentare il raffreddamento della superficie terrestre. Il quale doveva del resto procedere assai lento, poichè allora l'atmosfera sarà stata assai più alta e più densa dell'attuale, contenendo, oltre gli elementi dell'aria, una gran quantità di acido carbonico e di altri corpi gassosi, che ora sono combinati coi diversi materiali metallici, non che tutta la massa delle acque in istato di vapore. Ed è rimarchevole che le rocce più superficiali della terra sono formate dagli ossidi, dai cloruri e dai solfuri dei predetti metalli: e appunto la silice, l'allumina, la calce, la magnesia, la potassa, il cloruro di sodio, formano la massima parte dei minerali costituenti la corteccia del globo. Però la prima crosta solida, così prodotta dalle chimiche reazioni fra i gas atmosferici ed i metalli superficiali, si sarà a più riprese frantumata e sconvolta, sia per la stessa effervescenza che accompagna tali reazioni; sia per la gravitazione verso la luna ed il sole della sottostante massa ancor fluida, la quale si sarà or sollevata ed or depressa, analogamente al flusso e riflusso che ci offrono oggidì le acque del-

l'oceano e dei vasti mari; sia infine per la variabile forza centrifuga, corrispondente alla variata velocità di rotazione della massa, giusta il principio della conservazione delle aree.

Ma l'anzidetta reazione chimica dell'ossigeno e degli altri gas formanti l'atmosfera terrestre coi metalli degli strati superiori della massa liquida si sarà allievolita mano mano che la pellicola solida, col progredire del raffreddamento, si sarà fatta più grossa e più consistente. E qui devesi notare, che le principali sostanze costituenti le rocce emersorie o di trabocco e le rocce vulcaniche, nel passare dallo stato liquido al solido, assai probabilmente diminuiscono di densità, aumentando di volume. Il che vediamo succedere distintamente nell'acqua e nel bismuto, e verificherebbesi pure, stando alle esperienze di Gornii, di Duvernoy e di Nasmyth, in moltissimi corpi che, solidificandosi lentamente, o cristallizzano oppure lasciano svolgere dei gas, che stavano dianzi condensati nei pori del liquido. E quest'ultima condizione specialmente dev'essersi verificata pei liquidi superficiali della massa planetare, trovandosi essi — prima che incominciassero a solidarsi — a contatto coi diversi gas e vapori dell'atmosfera, i quali si saranno facilmente condensati entro i liquidi stessi, in quanto che la pressione atmosferica doveva essere in allora ben maggiore dell'attuale, come si accennò sopra. S'aggiunga che, giusta i calcoli di Belli, confermati da Airy, la crosta solida terrestre ha tuttodì così poca consistenza che non potrebbe reggere da per sé al proprio peso, a modo d'una volta sferica, qualora non fosse sostenuta, come un galleggiante, dalla pressione esercitata verso l'esterno dall'interno liquido. Perciò, a voler ammettere, come lo mostrano i principali fatti geologici, che la solidazione della massa terrestre procedette e procede tuttora dall'esterno verso l'interno, torna necessario

il supposto che le sostanze formanti la crosta abbiano a diminuire di densità nell'atto di consolidarsi, acciocchè possano di poi galleggiare sul sottostante liquido che le produsse. Altrimenti, se le parti superficiali, che sin dappprincipio si solidarono, fosser riuscite più dense del liquido, sarebbersi precipitate entro di questo, dirigendosi verso il comun centro di massa, sino ad incontrare strati di maggiore densità, nel mentre che il liquido meno denso sarebbesi ridotto a galla. Epperò la massa terrestre si sarebbe invece assodata prima nell'interno che alla superficie.

Or dunque, richiamando il suaccennato antico stato di cose della superficie terrestre, devesi ritenere che, mano mano progrediva il solidamento dalle esterne all'interne parti, in opera dell'espansione correlativa al loro mutamento di stato fisico, producevasi un graduale aumento nella pressione esercitata dal liquido interno contro l'involuppo solido già formato. E questo doveva di conseguenza dapprima distendersi, e poscia squarciarsi secondo le linee di minore resistenza, sino a far emergere dalle fratture una quantità dell'interno fluido, proporzionata all'aumento di volume occorso nella consolidazione. Anzi codesto liquido, emergendo, avrà pure esercitata una pressione trasversale su le parti solide già tal poco smosse, così da sollevarle con opposta inclinazione dalle due bande della linea di frattura e di emersione formante l'asse principale del sollevamento: e questo poi, rassodandosi, avrà così costituito nel suo insieme una catena di monti. Vero è che Beaumont ed altri geologi intendono diversamente il meccanismo dei sollevamenti terrestri. A loro avviso, il liquido interno, pel proprio raffreddamento, contraendosi in una maggior misura della contemporanea contrazione dell'involucro solido, tende a staccarsi da questo ed a lasciar frammezzo un vano. E poichè la corteccia stessa non

può reggersi da sè, come s'è detto sopra, tosto che il fluido interno tenderà a staccarsene, essa, schiacciandosi sotto il proprio peso, subirà una compressione trasversale, la quale, crescendo continuamente, determinerà nello stesso involucro solido, ad ogni lasso di tempo, dei corrugamenti o delle increspature, corrispondenti al sollevamento di una o più catene di monti.

Ancor noi crediamo, che l'interna massa liquida, finchè è liquida, si contragga più che non faccia la parte già solida per uno stesso raffreddamento; giacchè, in generale, una sostanza si dilata di più in istato liquido che in istato solido per un eguale aumento di temperatura. E per questo riguardo ammettiamo ancor noi che, pel raffreddamento, la massa liquida tende a staccarsi dalla crosta, e questa a corrugarsi. Ma in pari tempo avvenir deve un aumento di volume nelle parti che grado grado si solidificano; e quest'espansione tende invece a produrre una distensione ed uno squarciamento nella crosta per cresciuta pressione dall'interno. I due fenomeni, la contrazione del liquido raffreddantesi, e l'espansione del liquido che si assoda, verificandosi insieme e di continuo, ed operando in verso opposto, tendono a menomare scambievolmente i rispettivi loro effetti, ossia a rendere meno rapida la variazione tra la capacità interna della crosta ed il volume del liquido. Ed in ciò avrebbersi una ragione dei lunghissimi intervalli di tempo che decorsero da una ad altra epoca di sollevamento. Però riteniamo altresì che l'espansione — almeno nelle trascorse epoche geologiche — riescisse prevalente alla contrazione. In generale, quelle sostanze che si dilatano solidandosi, presentano in tale atto un aumento di volume che equivale a quello prodotto nel liquido da un ben rilevante aumento di temperatura. Per esempio, l'acqua, nell'agghiacciarsi, subisce d'un tratto un'espansione che è ancor doppia di quella che producesi

nell'acqua limpida, scaldandola da 0° a 100° C. E volendo pur concedere che nelle varie sostanze liquide formanti l'interno del globo l'espansione di solidamento tenga colla dilatazione termica del liquido un rapporto ben minore che nell'acqua, si potrà tuttavia ritenere che a compensare interamente l'espansione stessa colla contrazione dovrebbe verificarsi nel liquido un raffreddamento di non pochi gradi. Talchè, pur supponendo eguale la velocità di raffreddamento nella parte solida e nella parte liquida ad essa contigua, dovrà prevalere l'espansione alla contrazione, epperò risulterne un eccesso delle azioni distendenti la crosta su quelle che tendono a farla incresparsi. S'aggiunga che, in fatto, la parte solida, siccome esterna, presenterà una velocità di raffreddamento maggiore che l'interna parte fluida, fintanto almeno che la crosta avrà una temperatura media superiore di molto a quella che l'azione solare tende a mantenere su la superficie terrestre. E quindi, a maggior ragione, l'influenza dell'espansione prevarrà su quella della contrazione. La velocità di raffreddamento nella parte liquida è poi diminuita altresì e dal calore svolgentesi dalle parti stesse che si consolidano (il calore che prima operava per tenerle liquide), e dai moti di convezione, per cui le parti fluide che raffreddansi senza solidarsi, facendosi più dense, si affondano e sono surrogate da altre parti fluide sottostanti più calde, epperò meno dense. Ma, comunque sia di codesta opinione, che qui non ci è dato sviluppare convenientemente, sta pur sempre, che la sussistenza dei monti su la terra, siansi essi formati per interna espansione o per interna contrazione, dimostra che tutta la massa del pianeta fu un tempo in istato liquido per intenso calore, e che di poi essa, per raffreddamento, incominciò a consolidarsi nelle sue parti superficiali, e la solidazione si propagò gradatamente dall'esterno all'interno.

Sembra poi molto probabile che, fin quando la corteccia solida della terra ebbe poca grossezza e poca consistenza, i sollevamenti si saranno succeduti a più brevi intervalli di tempo, atteso anche il più rapido raffreddamento, e le fratture formatesi contemporaneamente in tutta la superficie terrestre saranno riuscite più estese ed in maggior numero che non sia avvenuto di poi. Crescendo la resistenza della corteccia stessa, e rallentandosi il raffreddamento, i sollevamenti si saranno resi meno frequenti, e corrispondenti ad un minor numero di fratture: e di conseguenza per questi ultimi il rilievo prodotto, sia dalle emersioni, sia dai corrugamenti, sarà risultato maggiore che nei primi. E infatti, secondo i dati geognostici e paleontologici, le più eccelse catene dei monti terrestri (le Alpi, le Cordigliere, l'Imalaja) si mostrano di formazione meno antica che molte altre catene di minor rilievo.

Ed i monti esistenti sulla superficie della Luna, di Venere e di Mercurio provano in simil modo, come accennammo sopra, che ancor questi astri, ne' trascorsi tempi, siansi trovati in condizioni analoghe a quelle della terra, cioè con una così alta temperatura, da avere in istato liquido le loro parti superficiali non meno delle interne. Ed è poi rimarchevole che gli astri meno voluminosi hanno monti, la cui altezza relativa (il rapporto cioè fra l'altezza dei più alti monti di ciascun astro e la misura del raggio dell'astro istesso) è maggiore di quella dei monti degli astri più grandi. Così la luna, che è molto piccola rispetto alla terra, ha dei monti la cui altezza relativa è più che tripla di quella de' monti terrestri. E Mercurio, che è il più piccolo tra i pianeti principali, dà per l'altezza relativa de' suoi monti un valore che è circa sestuplo di quello de' monti terrestri. Ora, appunto negli astri meno voluminosi, il raffreddamento, essendo più ra-

pido che nei maggiori, saranno proporzionalmente più risentite, sia l'espansione correlativa al solidamento, sia la contrazione del liquido per raffreddamento, e quindi saranno più rilevanti i conseguenti sollevamenti. Ma ancora da ciò ci sembra emergere che il primo di questi supposti sia più probabile del secondo. Poichè, giusta le esperienze di Gorini ed altre analoghe da me fatte, con quelle sostanze liquide che nel solidarsi, espandendosi, producono delle emersioni attraverso la prima crosta, si ottengono prominenze tanto più salienti, in relazione all'altezza della massa fusa, quanto più piccolo è il volume della massa istessa, e perciò più rapido il di lei raffreddamento. E si avverta che ciò non contraddice a quanto si notò poc'anzi circa alle varie altezze dei monti formati su la terra in epoche differenti. Qui si confronta l'insieme dei monti esistenti su di un astro con quelli di un altro astro; e là confrontasi tra loro i varii monti d'uno stesso astro. Riteniamo cioè che pur su la luna e su Mercurio i monti più alti, come su la terra, non saranno stati tra i primi a formarsi, ma piuttosto tra gli ultimi. Ed invero nelle anzidette esperienze, posta una data massa fusa in date condizioni di raffreddamento, spesso accadono successive emersioni, con alcune intermissioni: ed in allora sono, d'ordinario, le ultime emersioni che danno protuberanze le più rilevanti su più ristretta base; mentre le prime emersioni formano solo dei vasti altipiani diffondendosi più estesamente in su la prima crosta la materia sgorgante con una temperatura ancor lontana da quella della propria solidazione.

Che poi la luna fosse liquida in lontana epoca risulta altresì dalla particolarità che essa volge alla terra sempre lo stesso emisfero, la durata della sua rotazione essendo eguale alla durata della sua rivoluzione siderea. Laplace mostrò che questo fatto è una dipendenza della figura ellit-

tica che ha l'equatore lunare, il cui asse maggiore è diretto secondo il raggio vettore (retta congiungente i centri della terra e della luna), mentre l'asse minore è ad esso perpendicolare. E codesta forma nella massa lunare, supposta liquida sarebbe una diretta conseguenza della reciproca gravitazione fra luna e terra, per cui il rigonfiamento equatoriale nella direzione del raggio vettore dev'essere molto maggiore (è circa quadruplo) di quello corrispondente ad una direzione perpendicolare alla prima; in simil modo che vediamo accadere per le acque terrestri nel fenomeno delle maree correlativo alla loro gravitazione verso la luna. E perchè cosiffatto rigonfiamento siasi costituito con regolarità di forma in tutta la superficie dell'astro, convien appunto supporre che la luna, non solo nell'interno, ma anco negli strati superficiali fosse in istato liquido. Una volta poi assunta questa forma, la luna doveva tendere, ancora per gravitazione, a mantenere il detto asse maggiore sempre normale alla superficie terrestre, cioè coincidente colle direzioni successivamente prese dal raggio vettore in rispondenza al moto rivolitivo della luna: o tutt' al più presentare una lieve oscillazione (moto di librazione della luna) intorno a tale direzione di equilibrio stabile. Ed anche i satelliti di Giove mostrebber d'essere stati liquidi, poichè Herschell vi riconobbe una rotazione di egual durata della rivoluzione loro, e recentemente il Secchi riconobbe in due di essi la figura ellissoidica; per modo che vi sarebbe piena analogia tra le loro condizioni di movimento e di figura e quelle ora indicate per la luna.

Anzi in questi satelliti di Giove verificasi un altro dato analogo a quello che notammo più addietro rispetto ai volumi relativi dei varii pianeti. I satelliti più vicini al pianeta (il primo ed il secondo) sono i più piccoli, formati essendo dalla condensazione di zone anulari di minor

diametro e di minor larghezza; mentre i più lontani (il terzo ed il quarto) hanno un maggior volume, comechè formati da zone più estese e per larghezza (corrispondente alla differenza fra le medie distanze de' successivi satelliti) e per diametro. D'altra parte però le zone più esterne, essendo, per gravitazione, costituite dapprincipio da sostanze vaporose meno dense di quelle formanti le zone più interne, riducendosi poi liquide o solide, devono le prime raccogliersi sotto un minor volume della materia vaporosa. Laonde, per quest'ultima condizione, una zona esterna, benchè più estesa, potrà dare un astro (ridotto solido o liquido) meno voluminoso di altra zona più interna. Così vediamo il quarto satellite di Giove avere un volume minore di quello del terzo, il quale riesce il maggiore di tutti. E ciò appunto come Giove e Saturno sono più voluminosi di Urano e di Nettuno, e quest'ultimi due hanno tuttavia un volume molto maggiore di quello dei pianeti interni all'orbita di Giove. Similmente troviamo che degli otto satelliti di Saturno il più voluminoso è il sesto in ordine di distanza dal pianeta; e tra gli otto satelliti di Urano i più voluminosi sono il quarto ed il sesto. Cosicchè in questi volumi relativi degli astri, le cui orbite hanno un comun fuoco (i pianeti rispetto al sole, i satelliti rispetto al loro pianeta) ci par di scorgere una legge comune, la quale torna in appoggio della suesposta cosmogonia.

Dall'insieme poi dei precedenti rilievi ci sembra potersi conchiudere, che tutti i pianeti ed i satelliti del sistema solare siano stati in epoca assai lontana dall'attuale in condizione di sì elevata temperatura da dover essere in istato fluido. Epperò il supposto d'un intenso calore primitivo in tutta la massa del sistema medesimo si mostra abbastanza fondato.

Ora, a compiere l'esposizione della cosmogonia di Laplace, dobbiamo ancora accennare le principali vicende della

terra, da che incominciò a precipitarsi l'acqua liquida alla sua superficie.

III.

Fra le quistioni di maggiore importanza per la naturale filosofia va annoverata quella su l'origine dei corpi organizzati. Già le tante volte fu messa in campo codesta quistione, e dibattuta con calore: ma venne poi quasi sempre interdetta o fuorviata per rispetti estranei alla scienza. Ancor quest'anno la vedemmo evocata nel seno stesso dell'Accademia delle scienze di Parigi, e discussa poi con qualche vicacità in alcuni periodici scientifici.

E noi avevamo di mira pur questo argomento, allorché ci accingemmo ad esporre con un po' di estensione — che a taluno forse sarà apparsa soverchia — la cosmogonia di Laplace. Mostrando che questa dà ragione, o piuttosto connette tra loro i principali fatti astronomici e geologici, intendemmo procacciarle tal valore scientifico, da poter poi giovarsene per dichiarare con qualche fondamento altri ordini di fatti. E fra l'altre cose essa agevola di molto, secondo che a noi pare, la soluzione dell'anzidetta quistione. Inoltre volevamo rilevare quale altro dei pregiudizj dei dotti, già sopra accennati, quello di spartire la scienza in così distinti campi, che ogni scienziato, rinserrandosi in uno di essi, procura bensì di approfondirlo meglio che può, ma non sa poi apprezzare giustamente i trovati di coloro che s'adoperano in altri sconvanti. Se una tale divisione di studi facilita la cognizione analitica dei particolari, rende però assai malagevole la comprensione sintetica dello svolgimento e della connessione dell'insieme dei fenomeni e delle cose. Ed ecco che i naturalisti propriamente detti, cioè i cultori delle scienze biologiche (la zoologia e la fitologia), abituati essendo a considerare le peculiari proprietà dei corpi orga-

nizzati — le quali, perchè molto complesse, sono anche molto oscure — sogliono reputarle essenzialmente diverse dalle proprietà dei corpi inorganici; e quindi si pensano d'interpretare le prime ricorrendo ad ipotetiche forze vitali, al tutto diverse dalle forze fisico-chimiche. E ciò accade, noi crediamo, per un difetto fondamentale della loro educazione scientifica.

A formare un retto giudizio in coloro che intendono applicarsi di proposito agli studi naturali, è evidentemente necessaria una preliminare istruzione generale sull'insieme delle scienze fisico-matematiche. E poichè una tale istruzione non può essere molto approfondita in ogni parte, importa si sviluppino almanco le generalità, e per così dire i rilievi filosofici di ciascuna scienza, dichiarando le leggi generali dei fenomeni da essa studiati, e rilevando dall'istoria de'suoi progressi le vie più sicure ed i mezzi più efficaci per la scoperta e la dimostrazione del vero. Ed importa che da codesta istruzione enciclopedica emerga per gli studiosi la convinzione, che la serie gerarchica razionalmente stabilita fra le scienze, per riguardo al subordinamento dei principj di dimostrazione e di studio, è correlativa alla gerarchica colleganza che in natura sussiste fra i diversi ordini di fenomeni e di leggi. Epperò cadauna scienza deve ritrarre i principj, e quasi diremmo l'autorità, dalle scienze più generali che la precedono nella serie enciclopedica. Ed in questa le scienze vanno ordinate procedendo dal semplice al complesso, ossia dal generale al particolare, come nella serie seguente, proposta da Augustò Comte: matematica, meccanica, astronomia, fisica, chimica, biologia ed antropologia. Ora, siccome vediamo che i principj di matematica e le leggi di meccanica governano i fatti astronomici e fisici, così dobbiam credere che le leggi della fisica e della chimica non possano venir alterate in niun modo nei fatti dei corpi viventi. E dobbiamo pur ritenere che l'antropologia, come scienza più com-

più ardua d' ogni altra, venga giustamente posta ultima nell' anzidetta serie enciclopedica, dovendo ricevere sussidio e norma dalle scienze precedenti, e segnatamente dalla biologia. E si noti che pur il grado di perfezione ottenibile da ciascuna scienza va decrescendo dal primo all' ultimo termine della serie istessa. Così, nello stato attuale delle umane cognizioni, le scienze più vicine alla maturità sono appunto la matematica e la meccanica, mentre la biologia e l' antropologia si ponno dire ancor **bambine**. Perciò noi opiniamo che le prime cinque scienze della surripetuta serie enciclopedica formar dovrebbero la base d' ogni istruzione scientifica. E in fatto la matematica e la meccanica porgono i principj razionali, mentre l' astronomia, la fisica e la chimica porgono i principj sperimentali che servir devono di fondamento alle varie scienze naturali: e tutte insieme poi le dette scienze giovano a schiarire le varie arti del metodo inventivo, e ne additano il più retto impiego. Ebbene il difetto che accennavamo testè nell' educazione scientifica dei naturalisti propriamente detti consisterebbe in ciò, ch' essi — in generale — trascurano di troppo gli studj di meccanica, di astronomia, di fisica e di chimica.

Anzi a noi pare che la fondamentale differenza tra la vecchia e l' odierna filosofia consista nell' inversione dei termini estremi della serie enciclopedica. La vecchia filosofia socratica, rivificata nel psicologismo d' alcune moderne scuole, pose a capo della gerarchia delle scienze l' antropologia, qualificata col motto; *nosce te ipsum*. Invece la moderna filosofia induttiva, da altri denominata positiva, quella cioè che comprese i limiti e le tendenze delle scienze fisico-naturali, pose per primi e più autorevoli termini della serie enciclopedica la matematica e la meccanica. Però la vieta filosofia delle scuole, che incominciar vuole da ciò che è più complesso ed intricato, deve facil-

mente smarrirsi nelle nebbie dell'idealismo e del misticismo. Laddove il positivismo, muovendo da ciò che è evidente o più semplice, per risalire al meno esplicito, e non riconoscendo altra autorità all'infuori dei dati matematici e sperimentali, procede assai più sicuro e spedito nelle proprie indagini. E da deplorare che tuttodì in alcuni istituti di istruzione secondaria si sprechi non poco tempo nelle infeconde dispute dell'idealismo o dell'ontologismo, in luogo di concedere un più largo sviluppo alle scienze matematico-sperimentali, le quali, oltrechè formano una solida educazione logica, prestano pure di continuo evidenti ed efficaci ajuti alle arti ed alle industrie.

Riconducendoci ora alla quistione su l'origine dei corpi organizzati, e richiamando la cosmogonia di Laplace, dobbiamo indicare in quali condizioni, siasi resa possibile su la superficie della terra la vita organica.

Nell' esporre la genesi e le prime vicende del pianeta nostro secondo i dati della scienza, finora si toccò solo di alcune azioni fisiche e chimiche occorse su la superficie terrestre prima che fossevi acqua in istato liquido. Quando le acque formanti l'oceano ed i mari trovavansi tutte in istato di vapore, l'altezza, la densità e la temperatura dell'atmosfera esser dovevano assai maggiori che di presente. Supponendo la profondità media dell'oceano e dei mari di due chilometri e mezzo (estimazione che può ritenersi piuttosto minore che maggiore del vero per riguardo ai molti scandagli fatti recentemente, durante la collocazione delle funi telegrafiche sottomarine e transoceaniche), e ritenendo che la superficie delle acque stia a quella dell'intero globo come 28 a 38 prossimamente, se ne deduce che, allorquando una sì gran massa di acque, in istato di vapore, faceva parte dell'atmosfera questa doveva, alla propria base in contatto col suolo, esercitare una pressione corrispondente a circa 257 volte quella e-

esercitata dall'atmosfera attuale. Ora, per dispiegare una forza espansiva equivalente a co'lesta pressione, il vapor acqueo aver deve una temperatura di circa 384° C. Vale a dire, che, fin tanto la superficie terrestre avrà avuta una temperatura superiore a 384° , non poteva esserci acqua liquida su di essa. Ma, non appena si sarà ridotta ad una temperatura un po' inferiore, incominciar dovette la condensazione e la precipitazione in forma liquida d'una parte del vapor acqueo delle porzioni inferiori dell'atmosfera. E quest'acqua, permeando nel suolo infranto, sin dove la temperatura superava tal poco quella della superficie, si sarà, in parte, vaporizzata di bel nuovo, con tal violenza da squarciare le stesse parti superficiali del suolo, ed in tal copia da provocare un notevole raffreddamento nelle parti contigue. Intanto: mano mano deponevasi nuova acqua su la superficie terrestre, diminuir doveva la pressione esercitata dai residui fluidi aeriformi, e quindi anco la temperatura d'elasticità del restante vapor acqueo. Per esempio, quando la temperatura della superficie terrestre si ridusse a circa 350° , la forza espansiva del vapor acqueo non poteva esser maggiore di 129 atmosfere; cioè doveva essersi precipitata già una metà delle acque attuali. E forse in così fatte condizioni di alta temperie dell'acqua in contatto colle varie sostanze costituenti la crosta terrestre si determinò la formazione dei graniti e delle rocce affini, a produr le quali alcuni geologi — segnatamente dietro le osservazioni di Sorby — stimano necessario l'intervento dell'acqua ad elevata temperatura e sotto forte pressione.

Ed in seguito le acque stesse, scorrendo con violenza sul suolo, massime in occasione dei sollevamenti prodotti da interne azioni come s'accennò sopra, ne avranno corrose od infrante le asprezze: e così saranno formati sul fondo delle acque dei depositi a strati orizzontali di frantumi di rocce, corrispondenti ai primi terreni di sedimento. Poi-

chè sin d' allora la superficie terrestre presentar doveva delle ineguaglianze, cioè delle prominenze e degli avallamenti, benchè meno rilevanti delle attuali, per le ragioni addotte sopra, scorrendo della formazione dei monti Epperò le anzidette corrosioni, prodotte dalle acque su le parti salienti, dovevano sin d' allora verificarsi anche pel riguardo che le piogge esser dovevano ben più copiose e dirotte che di presente nol siano. Giacchè ad una più elevata temperatura della superficie terrestre corrisponder doveva una più efficace svaporazione delle acque, e quindi un più risentito raffreddamento; per modo che la temperatura risultando assai differente nelle parti coperte dall' acqua che nelle parti emergenti del suolo, doveva prodursi tratto tratto un notevole squilibrio di temperatura nelle diverse porzioni dell' atmosfera, e di conseguenza venti impetnosi e repentine condensazioni del vapor acqueo già diffuso nell' atmosfera stessa in istato di densità prossima alla saturazione. Però a rallentare codesta precipitazione del vapore condensato intervenir doveva l' emissione del suo calore di elasticità, la quale opera nel senso d'aumentare la temperatura delle circostanti porzioni d' atmosfera. Pel complesso di tali condizioni sembra probabile, che nelle singole parti della superficie terrestre si alternassero tratto tratto i due inversi fenomeni della evaporazione delle acque e della condensazione del vapore, e quindi anco le fasi di decremento e di aumento nella temperatura e nella densità della sovrastante atmosfera Talchè le acque superficiali esser dovevano in uno stato di continua violenta agitazione, analoga a quella che vediamo nell' acqua mantenuta in istato di ebollizione entro vasi aperti. S' aggiunga che cosiffatte rapide alternative di svolgimenti e condensazioni di vapore, in seno d' un' atmosfera ancor tanto calda, avranno altresì provocati repentini squilibrij elettrici, e quindi frequentissime scariche fra le varie parti

dell'atmosfera e del suolo atteggiate ad opposta tensione elettrica; come vediamo accadere tuttodì, benchè in piccole proporzioni, nei nubi temporaleschi della più calda stagione. Ed ancor ciò contribuiva di certo a rendere sovranmodo agitate e l'atmosfera e la superficie delle acque, e quindi a favorire il disgregamento delle rocce, e la formazione dei terreni di sedimento.

Ma, continuando pur sempre il raffreddamento per irradiazione della superficie terrestre, benchè in modo assai lento per il riverbero e l'assorbimento di calore prodotti da così densa o così alta atmosfera, dovette andar di continuo diminuendo la quantità e la densità del vapore acqueo residuo nell'atmosfera, epperò crescendo il volume e l'estensione dell'acqua liquida su la terra. Per esempio, ritenuti i suesposti dati, a circa 227° rimaner doveva nell'atmosfera in istato aeriforme soltanto un decimo delle acque oggidì stagnanti su la terra, a 195° solo un ventesimo a 140° un centesimo, ed a 107° appena un millesimo. Si avverta poi, che l'anzidetto raffreddamento della superficie terrestre fra i 384° ed i 200° circa dovette provare un rallentamento, e ben notevole, a motivo anche della grande quantità di calore svoltasi durante la stessa liquefazione del vapore acqueo. Giacchè, ad esempio, un solo chilogrammo di vapore, riducendosi liquido a 250°, sviluppa tanto calore quanto ne occorre a scaldare di un decimo di grado circa quattro metri cubi e mezzo di acqua, avente la stessa temperatura di 250°.

Ora, esaminando l'ordine di sovrapposizione o di successione dei vari terreni di sedimento, si riconosce che in quelli di più antica formazione non vi sono tracce di essere organizzati: epperò tali terreni son denominati azoici. Sonosi questi formati in epoche nelle quali la superficie terrestre aveva una temperatura ancor troppo elevata da compatire lo sviluppo de' corpi viventi, il quale

sembra rendersi possibile solo a temperature inferiori a 60°. A questo grado l'atmosfera esser doveva poco più umida che di presente, rimanendovi in istato aeriforme solamente una mille e cinquecentesima parte delle acque formanti oggi l'oceano ed i mari. Però essa contener doveva una ben maggiore proporzione di acido carbonico per rispetto all'attuale, poichè tutto il carbonio che troviamo fissato nei fossili vegetabili (il litantrace, l'antracite, la lignite, la torba, ecc.) non poté altrimenti provenire che dall'acido carbonico, già diffuso nell'atmosfera, e stato poi ridotto nell'interno delle parti verdi de' vegetabili sotto l'influenza dei raggi luminosi del sole.

E qui è appunto il luogo di chiedere come siano surti su la terra quei primi esseri organizzati, dei quali troviamo le spoglie in istato fossile nei terreni d'antico sedimento che succedono ai terreni azoici? In oggi vediamo che la maggior parte delle specie di vegetabili e di animali si svolgono da un germe, il quale è pure un corpo organizzato, prodotto da altri esseri viventi simili a quello cui esso dà luogo sviluppandosi. Laonde già gli antichi filosofi s'eran posta la quistione: fu prima il germe, oppur l'essere produttore del germe? Trovando però difficile la risposta, si suppose da alcuno, che i primi esseri viventi siano stati creati di getto da Dio. Ma, come nota giustamente lo Zimmermann, codesta soluzione della difficoltà è poco soddisfacente e poco degna della scienza moderna, la quale, siccome noi dicemmo altrove, deve, per quanto può, ricercare le cause dei fenomeni nelle stesse loro condizioni, ovvero nei rapporti che essi tengono con altri fenomeni. Ed il ricorrere ad interventi sovranaturali, val quanto rinunciare agli intenti ed alle vie della scienza, accontentandoci di mere parole, o piuttosto d'una professione d'ignoranza, che ci esonera d'ogni ulteriore indagine scientifica.

Ritenuti però i succennati precedenti circa la genesi della terra, ci sembra si possa dedurne, che i germi degli esseri organizzati non poteano preesistere nella zona vaporosa dell'atmosfera solare che ingenerò il nostro pianeta; nè potevano sussistere su la superficie terrestre finchè questa ebbe in ogni sua parte una temperatura superiore a 60°. Ma, ancor dopo, i primi rudimenti degli stessi organismi non possono altrimenti essersi formati che mercè la combinazione di alcune sostanze inorganiche sotto appropriate condizioni fisiche del mezzo ambiente. Il che è quanto ammettere l'eterogenesi, o come altri dice la generazione spontanea. Non è possibile schermarsi da questa deduzione, qualora si accetti, sia la cosmogonia di Laplace, sia pur soltanto uno stato di primitiva fusione ignea della terra, quale è ormai ritenuto per fermo da tutti i geologi: a meno che si voglia far ricorso ad un prodigio. Anzi ad un analogo prodigio converrebbe ricorrere ad ogni successivo cataclisma terrestre, in seguito al quale si produssero novelle specie di vegetabili e di animali, affatto diverse dalle preesistenti. Codesto riflesso avrebbe dovuto bastare a far accorti i naturalisti oppositori dell'eterogenesi, che la loro tesi, per evitare una difficoltà, ne promuove altre molte; sicchè ad ogni tratto sono forzati ad abbandonare le rigorose vie della scienza induttiva, per gittarsi su le vie fantastiche del misticismo. Costoro dimenticano troppo facilmente la massima fondamentale degli studj matematico-sperimentali: essere cioè immutabili le leggi d'ogni ordine di fenomeni, e la produzione d'ogni fenomeno richiedere determinate condizioni, poste le quali esso deve necessariamente prodursi; per modo che in natura non si dà nè arbitrio, nè capriccio, nè caso fortuito.

Ci sembra che in generale mal si comprenda l'intento scientifico di codesta quistione. Non si tratta di svelare-

l'intimo meccanismo, per cui la materia inorganica si trasforma in un corpo organizzato. L'intimo procedimento o, come diceva Bacone, il *latens processus* di questo fenomeno non è, nè sarà mai riconoscibile pei nostri sensi, siccome non ci è dato scorgere, pur sussidiando la vista col migliore de' microscopj, il modo intimo di produzione dei fenomeni chimici, e di tutti que' fenomeni fisici, che si compiono negli angusti dominj delle molecole, cioè entro l'impercettibile sfera d'azione delle forze molecolari. Trattasi invece di dichiarare: se la materia inorganica possa trasformarsi in un corpo organizzato, od anche semplicemente in un corpo organico? e quali condizioni siano poi necessarie perchè si produca un corpo organizzato?

Alla prima di queste istanze noi crediamo si possa rispondere, e con piena certezza, in senso affermativo. Ed in vero, che dei corpi inorganici possano trasformarsi in una sostanza organica, in una cioè di quelle sostanze che si traggono comunemente dai corpi organizzati, ne fanno prova le preparazioni, dette impropriamente artificiali, di molte sostanze grasse, dell'acido lattico, dell'urea, ecc., che i moderni chimici giunsero a produrre, facendo reagire tra loro diverse sostanze inorganiche. E che poi de' corpi anorganici possano trasformarsi in corpi organizzati vien provato dai fatti i più ovvii dell'alimentazione de' vegetabili, per mezzo delle varie sostanze che essi tolgono dal suolo e dall'aria in opera delle radici e delle foglie. Siffatta trasformazione è segnatamente manifesta nei vegetabili a rapido sviluppo, come son quelli che si coltivano annualmente ne' campi, per trarne grani o foraggi. Per esempio, un solo grano di frumento, in appropriate condizioni, può produrre, in un breve lasso di tempo, parecchi steli, ciascuno de' quali dà una spica contenente buon numero di grani: epperò quel primo seme si fe' centro

promotore di una lunga serie di trasformazioni in materia organizzata dell'acido carbonico, dell'ammoniaca, dell'acqua e di diversi sali, mano mano forniti dall'aria, dal suolo e dai concimi. E così fatta trasformazione è mostrata in modo ancor più chiaro dai fenomeni delle fermentazioni alcolica e lattica, per cui, in brevissimo tempo, una soluzione di zucchero contenente alcuni sali, o si sdoppia in alcool e acido carbonico, oppure produce dell'acido lattico, coll'intervento d'una tenue quantità di materia organica, denominata lievito o fermento. Questa materia, sviluppando rapidamente il proprio organismo, a spese delle sostanze disciolte, determina l'anzi detta metamorfosi chimiche dello zucchero. Ecco un esempio, tolto dalle esperienze di Pasteur il quale studiò di recente e con somma diligenza i fenomeni delle fermentazioni. Entro una soluzione di zucchero puro (canlit.) pongasi qualche po' di tartrato d'ammoniaca e di fosfato calcico, e s'aggiunga una quantità pressochè imponderabile di globuli di lievito fresco. Questi globuli, per così dire, seminati in opportuno mezzo, vi si sviluppano e moltiplicano con singolare prontezza; mentre s'appropriano l'ammoniaca, il sale calcareo ed il carbonio fornito dallo zucchero che fermenta, e ne costituiscono la loro materia albuminoide ed il loro tessuto cellulare. Anzi, in alcuni casi, co' questo lievito può ingenerarsi senza intervento sensibile di materia organizzata, come in quest'altra esperienza del citato chimico francese. Ad una soluzione di zucchero puro aggiunge piccole quantità d'un sale ammoniacale e di fosfato e carbonato di calce. Trascorso un giorno, la soluzione s'intorbidisce e sviluppa del gas. Nei di seguenti, continuando la fermentazione, scompare l'ammoniaca, i detti sali minerali si disciolgono, s'ingenera del lattato calcico e soventi anco del butirrato calcico, e vedesi deporre del lievito lattico, associato ad alcuni infusori. Ed ecco proiettati dei corpi or-

ganici (acidi lattico e butirrico) e degli organismi vegetali ed animali entro una soluzione di zucchero contenente dell'ammoniaca e dei sali minerali.

Tuttavia queste considerazioni, che a noi sembrano di tanta semplicità, non valgono a persuadere quei naturalisti che sostengono il vecchio motto: *omne vivum ex ovo*. Là dov' essi non ponno rendere evidente la presenza dei germi organizzati quali produttori degli organismi, la suppongono per induzione: da che in un gran numero di casi è dato provare, che tantissime specie di corpi organizzati sono prodotti da corrispondenti germi. Noi non vogliam disconoscere aver fatto la scienza un importante passo per opera delle giudiziose sperienze di Redi e d'altri, colle quali fu provato, che i vermi sviluppantisi nelle sostanze animdi in istato di decomposizione non sono, come ritenevasi dapprima, un risultato della stessa corruzione di tali sostanze, e quindi non provengono da eterogenesi, ma provengono bensì da uova depositate in tali sostanze da alcune mosche: cosicchè poi gli stessi vermi, giunti ad un certo grado di sviluppo, dietro una metamorfosi, danno ancor essi, siccome vediamo più facilmente in alcune specie di bruchi, un insetto alato, affatto simile a quello che generò il germe. Così venne ampliato di non poco il novero di quelle specie di animali che si riproducono per generazione sessuale, e quindi per vere uova. Ma ciò non prova ineccepibilmente che non possano esistere altre specie di animali suscettibili d'esser prodotti senza un germe già organizzato. E giacchè vediamo molte specie d'animali, tra quelle però di meno complessa organizzazione, potersi riprodurre altrimenti che per generazione sessuale, cioè con una generazione agamica (sia per scissione, sia per gemme, sia per spore), rimane lecito il supporre, che sianvi animali originabili per altre vie non peranco studiate a dovere. Imperocchè per molti esempi

riconosciamo la ricchezza della natura nel produrre dati effetti per isvariate maniere, siccome disse Galileo. Al qual proposito troviamo nel suo *Saggiatore* un assai grazioso apologo. Suppone che un uomo di perspicace ingegno e molto curioso delle cose naturali, dopo aver riconosciuto per successive osservazioni i tanti e diversi modi per cui produconsi dei suoni, « si ridusse, così egli, a « tanta diffidenza del suo sapere, che domandato come « si generavano i suoni, generosamente rispondeva di sapere alcuni modi, ma che teneva per fermo, potervene « essere cento altri incogniti ed inopinabili. » E così quel sommo filosofo, con raro accorgimento, dimostrava la convenienza, o piuttosto il dovere per gli studiosi della natura di andar guardinghi, innanzi di asserire che un dato fenomeno possa prodursi unicamente in questo od in quel modo. Chi non sa, per esempio, per quanti diversi modi possiamo promuovere sia il calore, sia l'elettricità?

Però noi crediamo, che anco la quistione su la prima origine de' corpi organizzati non possa così presto essere risolta, negando recisamente l'eterogenesi, siccome fanno gli oppositori di essa; e sia quindi atto di prudenza il lasciar libero campo a nuove indagini. Intanto vogliam notare, che non ci pajono abbastanza concludenti certe esperienze, già da molti tentate, per le quali sottoponendo dell'acqua e dell'aria, insieme rinchiusa entro boccia vitrea ben turata, a temperature assai elevate per distruggervi ogni organismo che per avventura vi si contenesse, non si produssero per entro, ancor dopo un lungo corso di giorni, nè mufte, nè infusorj d'alcuna sorta: laddove in altre prove analoghe, lasciando libero accesso all'aria atmosferica, si svilupparono entro l'acqua svariati organismi vegetali ed animali. Con che si crede provato co-desti organismi essere provenienti da germi in prima disseminati nell'aria stessa e poi caduti nell'acqua. Il qual

supposto ci sembra troppo azzardato, perchè a dar ragione delle tante specie di organismi che s'ingenerano nell'acqua in contatto coll'aria, converrebbe riguardar questa — benchè diafana — come un semenzajo di uova di innumerevoli specie di vegetabili e d'animali; dovechè la sussistenza di siffatte uova può rendersi evidente soltanto in qualche raro caso.

Ed in vero Pouchet, il quale istituì recentemente molte prove su la generazione spontanea, avendo esaminati accuratamente al microscopio molti saggi di aria, raccolti alcuni nell'interno di grandi città, altri ben lungi dai luoghi abitati, riscontrò bensì nei primi numerosi globuli di fecola e negli altri minuti grani silicei, ma solo in due casi vi rinvenne poche uova d'infusorj. Tuttavia, avendo raccolta una discreta quantità di polviscolo atmosferico, ed avendolo assoggettato per più d'un'ora entro tubo vitreo ad assai elevata temperatura (215°), valevole a disorganizzare qualsiasi germe, lo dischiuse entro acqua distillata, ricoperta da campana, e dopo cinque giorni, con una media temperatura di 20° , ritrovò l'acqua piena di microzoi; e del pari li ottenne con altra egual quantità di polviscolo, non riscaldato prima, e posto del resto in analoghe condizioni. D'altra parte osservò che, tenendo ampj catini contenenti acqua distillata in libero contatto coll'aria atmosferica, sulla tavola del proprio laboratorio, là dove stavano altri vasi contenenti microzoi, pur dopo 15 giorni, non rinvenne in detti catini alcun microzoo; mentre l'aggiunta d'un po' di materia organica fermentescibile valeva, in poco più d'un giorno, a popolare l'acqua in essi contenuta d'uno sterminato numero di microzoi. Or in questo caso nessuno vorrà immaginare che la presenza del fermento abbia, per così dire, provocata una pioggia di que' germi, onde gli avversarj dell'eterogenesi suppongono ripiena l'aria! Ed anche facendo gorgogliare

il ragguardevol volume di cento litri d'aria entro poc' acqua contenuta nel rigonfiamento d' un tubo di sicurezza, ancor dopo otto giorni, non vi trovò nè microzoi, nè uova.

Dall' insieme di queste osservazioni di Pouchet, da quelle suaccennate di Pasteur e da tant'altre analoghe si può arguire sol questo, che alla produzione de' corpi organizzati sono necessarj parecchi materiali ed alcune condizioni fisiche. Non bastano l'acqua e l'aria, prese in istato di purezza: vuolsi ancora del carbonio e dell'azoto, sotto forma di acido carbonico e di ammoniaca, e vogliansi alcuni sali miuerali; poichè queste sostanze concorrono tutte alla formazione del tessuto cellulare. Anzi per la formazione della materia albuminoide sembran necessarj anche il solfo ed il fosforo. Sembrano altresì indispensabili alla produzione della materia organizzata certe condizioni fisiche di temperatura, d'umidore, d'illuminazione, di pressione, ecc., che la scienza non sa ancora ben definire. Ed ecco toccata la seconda delle istanze che ci proponevamo sopra. A questa, che è quistione d' indole veramente sperimentale, vorremmo sì rivolgersero seguatamente gli studi de' naturalisti, all' uopo di meglio precisare le condizioni fisico-chimiche richieste allo sviluppo della materia organizzata. Allora poi tornerà più sicura la soluzione della fondamentale quistione sulla prima produzione de' corpi viventi.



APPENDICE

DELLA FILOSOFIA NATURALE (*)

I.

Altra volta abbiamo additato quanto importi all'incivilimento de' popoli il progredire continuo e il divulgarsi delle scienze naturali, perciocchè queste valgono ad instaurare i principii della filosofia morale, rendendo meglio operosa la carità e più illuminata la fede (**). Ma una tale efficacia delle scienze fisiche, secondo che abbiamo pur allora accennato, divien soltanto manifesta mercè l'opera perseverante dei dotti a promuovere ed educare nel popolo l'amore alla verità e il sentimento della bellezza, combattendo le presuntuose negazioni della ignoranza, e smascherando le ipocrisie e gli errori delle tradizionali superstizioni e delle antiche filosofie.

Ora dobbiamo notare un pregiudizio comunemente accolto nei letterati intorno alla popolarità della scienza. Pensano molti che a render popolare un insegnamento sia d'uopo abbandonare ogni linguaggio scientifico ed ogni ordine sistematico d'esposizione, e raccontare invece in modo artificioso e per via di poetiche immagini i parziali trovati delle scienze. A confutare siffatta opinione basterà rammentare che la popolarità di qualsiasi cognizione scientifica è anzitutto adeguata al grado di verità, e quindi alla evidenza di che essa è suscettiva, poichè l'evidenza è primo criterio di verità. E qui convien distinguere le scienze puramente descrittive dalle scienze esplicative. Nelle prime

(*) Dal *Crepuscolo*. Giugno 1850. N. 20 e 22.

(**) Il *Crepuscolo* N. 9: *Del Nesso tra la scienza e la morale*.

l'evidenza sta tutta nella chiarezza della descrizione, ossia nella precisione dei particolari. Tali sono, a cagion d' esempio, la geografia, la storia dei fatti umani, la statistica e la storia naturale nella sua parte descrittiva delle forme proprie delle speciali esistenze. Nelle scienze esplicative invece la evidenza riposa principalmente nel rigore logico della spiegazione. Ond'è che l'algebra e la geometria riescono popolari, in quanto che raggiungono l'evidenza razionale nelle dimostrazioni de' loro asserti. E però fra le scienze naturali, la fisica, che è sopra tutte l'altre esplicativa, s'accosterà tanto più alla popolarità, quanto più dappresso toccherà alla propria perfezione scientifica, cioè quanto più evidentemente procederà nelle sue spiegazioni, argomentando dalle cause agli effetti, secondo l'ordine della naturale genesi e connessione delle cose esistenti. Dal che nasce la speranza che la fisica abbia a diventare più prestamente popolare che non la fisiologia e la patologia, poichè quest'altre scienze esplicative, riguardando cose e fenomeni di gran lunga più complessi, sono tuttora assai lontane dalla perfezione scientifica, ossia dal raggiungere l'evidenza razionale nelle loro teorie.

Per questo crediamo che le scienze fisiche tornerebbero efficacissime ad educare e ad infervorare al bello ed al vero le moltitudini, qualora i dotti sapessero offrir loro con linguaggio nitido e preciso un compiuto abbozzo di filosofia naturale, che è quanto dire una esposizione ordinata e compendiosa dei principii e dei fatti più generali della fisica, della chimica, dell'astronomia, della geognosia, della meteorologia e della geografia fisica, insomma, come direbbesi coll' Humboldt, un vero cosmo popolare.

Ma nel presente stato delle scienze naturali chiunque volesse accingersi a tale impresa avrebbe a lottare con molte e gravi difficoltà. Nè, a dir vero, i compendii di scienze fisiche, quali oggidì si van pubblicando così in Francia come in Italia, raggiungono lo scopo da noi additato. In tutti noi troviamo le notizie dei naturali fenomeni esposte con un ordine affatto artificiale; vale a dire la natura delle cose esistenti e sensibili vi è dichiarata per via di certe forzate astrazioni e di certe suddivisioni poste arbitrariamente, non tanto a motivo della fiacchezza della nostra mente, incapace di abbracciare d'un solo sguardo i molteplici aspetti dei fenomeni cosmici, ma ancor più a motivo di certe opinioni teoriche, le quali tuttodì si vanno accarezzando dai fisici e dai naturalisti, e tendono pur troppo a rallentare ed a fuorviare il normale incremento degli studii sperimentali. Ond'è in noi fermo convincimento che la scienza del Cosmo non perverrà propriamente alla

popolarità finto che non siansi scoperti tali principii filosofici di fisica generale che valgano a recare in que' copiosi ma sconnessi repertorii di sperienze e di osservazioni, troppo pomposamente battezzati col titolo di trattati, quel medesimo ordine razionale che si verifica nel cosmo reale, ossia nell'aggruppato succedersi de' multiformi fenomeni del mondo sensibile. Certo è che la mente del popolo ineducato, sebbene guardi alla natura con occhio assai meno penetrante che non fa lo scienziato, pure contempla la indefinita molteplicità degli esistenti e delle loro proprietà sotto un aspetto molto più sintetico che costui non fa, e però ardiremmo dire con assai più di verità. Difatti nella realtà delle cose i fenomeni di moto, di calore, di elettricità, di luce, di magnetismo, di scomposizioni, di emanazioni, di vibrazioni intestine, ec., si palesano tanto fra loro intricati durante qualsiasi fatto meteorico, geologico ed organico, che il fisico, studiandoli troppo in disparte gli uni dagli altri, deve andare ognor più dilungandosi dal rinvenire il movente comune di quei fenomeni, che è quanto dire dall'intuire il latente meccanismo della vita dell'universo.

Scorrendo i moderni trattati di fisica, è facile avvedersi che le singole dottrine del calore, della gravitazione, della luce, delle azioni chimiche, dell'elettricità, delle azioni molecolari, del magnetismo, dell'acustica, ec., hanno tra loro sì scarsi punti di contatto, da doverle riguardare, anziché meri comparti d'una unica scienza, altrettante scienze distinte; e ciò non già per una intrinseca differenza di quelle varie classi de' fenomeni, ma piuttosto per la ipotetica ammissione di tante forze distinte o di tanti distinti fluidi, assunti quali primi moventi de' fenomeni medesimi, come a dire il calorico, l'attrazione universale, l'etere luccico, l'affinità, l'elettrico, l'attrazione molecolare, il magnetico, e per taluni perfino il fluido fonico.

Per il che ci sembrerebbe troppo ardua impresa la compilazione d'una fisica popolare, dove prima la scienza non avesse segnalati alcuni principii d'una generale teoria delle forze cosmiche, valevole a metter ordine ed armonia tra gli accennati comparti scientifici. Essendo che coll'ideato cosmo popolare dovrebbero mirare soprattutto ad iniziare le menti inesperte all'intelligenza dell'ordine, dell'armonia e della bellezza del visibile universo, all'uopo di far loro presentire la fondamentale unità di quelle potenze e di quelle leggi che reggono la progressiva evoluzione della vita universale attraverso i varii stadii delle singole esistenze. Quindi è manifesto che, in difetto di que' principii razionali di fisica generale, non sarebbe possibile avvertire

tutti que' punti, ne' quali l'anzidetta esposizione dovrebbe staccare dalle arbitrarie definizioni e suddivisioni che si adottano nei trattati dei singoli rami di scienze naturali, e che ciecamente si seguitano dai comuni scrittori de' manuali elementari.

E perciò farebbe opera a' tempi nostri utilissima chi sapesse condurre una diligente storia de' mutui rapporti tra la fisica e la filosofia, raffrontando di continuo le speculazioni de' filosofi e de' matematici colle indagini e colle teorie degli sperimentalisti, all' intento di gittare le basi di una fisica generale veramente filosofica, la quale rispondesse alla cosmologia degli antichi, per modo che le varie scienze riguardanti l'universo sensibile trovassero tutte in questa il comun centro de' loro principii generali e delle singole loro teorie. Imperocchè noi crediamo che soltanto per questa via si verrà costituendo quella popolare sapienza, cui aspiravano i migliori savii dell' antichità, e che debb' essere fecondissimo stromento di civiltà. E infatti se le dottrine religiose e morali de' primi popoli dell' Oriente, e quelle altresì del mondo pagano, impiantate tutte su qualche teoria cosmologica, abbenchè erronea ed architettata a capriccio de' filosofi e de' sacerdoti, diedero nondimeno così splendidi risultati per l'incivilimento dell' uman genere, tanto maggior profitto dovrebbe recare alla morale educazione delle moltitudini un tal cosmo popolare, basato sulle più ampie e più elevate cognizioni scientifiche de' tempi nostri.

Ben è vero che una siffatta cosmologia, dovendo in sè raccogliere e coordinare le più astratte dottrine delle tre primarie e più vaste scienze, la filosofia, la fisica e la matematica, non potrà toccare un adeguato compimento se non colla maturità d'ognuna di queste scienze, la quale è ancora ben lungi dall'avverarsi. Nondimeno a' di nostri sentesi vivissimo il bisogno d'una tal dottrina, per cui le speciali teorie sulla essenza della luce e del calore, del magnetismo e della gravitazione, dell' elettricità e delle chimiche combinazioni vengano dedotte razionalmente e concordate tra loro per modo da comprendere idealmente il successivo esplicamento della vita negli astri, nella terra e ne' corpi organati. Epperò stimiamo dover nostro di invitare i più felici ingegni a provarsi in così nobile e difficile assunto.

E qui ameremmo poter mostrare come per avventura tali principii di cosmologia si possano attingere, seguendo quella linea di filosofiche dottrine che dalla antichissima scuola italica, cioè da Filolao, da Parmenide e da Empedocle discende al Telesio, al Bruno, al Campanella, e po-

scia insino al Leibnitz, al Boscovich e al Vico; e come d'altra parte codesti principii speculativi vengano appunto a collimare colle più assennate induzioni di quella scuola sperimentale di fisica corpuscolare che dal Gilbert, dal Galileo, dal P'apa, dal Boyle e dal Lana procede insino al Fusinieri, al Paoli ed al Grove. Ma poichè a fare appieno convinti i nostri lettori della aggiustatezza di questa asserzione ci converrebbe entrare in tanti particolari che mal s'addicono ai limiti della presente pubblicazione, e poichè d'altronde oggidì moltissimi apprezzano assai più le teorie dei fisici che quelle dei filosofi, noi ci stringeremo ad accennare la dottrina degli ultimi nominati moderni fisici, le quali, per così dire, riassumono e compendiano i principii ed i trovati delle menzionate scuole de' filosofi e degli sperimentatori; e basteranno, speriamo, ad infervorare la gioventù più capace ad approfondire cosiffatti degnissimi studii.

II.

Chiunque siasi addentrato nelle scienze sperimentali, avrà per certo avvertito la soverchia correvolezza de' moderni fisici a moltiplicare gli agenti ipotetici de' fenomeni naturali; trovando essi più agevole di spiegarli col giuoco fittizio di alcune forze o di alcuni fluidi imponderabili, anzichè curarsi di que' reconditi movimenti e di quelle intestine mutazioni che subiscono le particelle dei corpi nell'atto che si effettuano i fenomeni da essi studiati. Nel che costoro si dipartono da que' severi processi metodici segnalati dai primi luminari della fisica molecolare, i quali appunto attendendo diligentemente a quelle minute particolarità che intervengono nel naturale procedimento dei fenomeni, trovavano nelle medesime le condizioni necessarie e sufficienti a promuovere ed a compiere i fatti che prendevano ad investigare.

Nondimeno, anche tra i moderni fisici, sonvi alcuni che non si lasciano fuorviare da quei più sicuri sentieri sperimentali. E tra questi vogliam ricordare l'inglese Grove, e due italiani, il vicentino Fusinieri e il Paoli di Pesaro; perciocchè costoro, a nostro giudizio, pervennero a formulare i principii d'una fisica veramente filosofica. E per primo daremo un cenno, adeguato ai limiti della presente pubblicazione, sulla dottrina del fisico vicentino.

Lasciate in disparte le congetture degli atomi e degli imponderabili, prese egli soprattutto a considerare le due più generali proprietà dei corpi, la divisibilità e la mobilità, ritenendo la materia come un aggregato di particelle illimitatamente divise, e la forza come un semplice prin-

cipio di moto inerente alla materia medesima. E dietro lunghe e svariate serie di osservazioni e di sperimenti assai delicati, egli giunse a dimostrare questa verità fondamentale per la fisica: che la materia, ogniqualevolta si trova ridotta a minime dimensioni, manifesta un' intima forza di repulsione, per cui tende a suddividersi in parti sempre più minute, e ad espandersi illimitatamente, mercè uno spontaneo moto di allontanamento delle parti medesime le une dall'altre fintanto che ostacoli estrinseci non le contrariino. E questa proprietà fondamentale della materia si palesa in ogni corpo, qualunque sia il suo stato fisico; nei liquidi, ridotti a lamina sottile e alla forma di spigolo acuto; nei solidi, ridotti in minuti frammenti e alle loro estremità più sottili, massime ove queste siano toccate dagli spigoli d'un liquido; nei gas e nei vapori dei liquidi e dei solidi, quando siano allo stato nascente, o quando attraversino meati ristrettissimi d'altri corpi.

E nello sviluppo di questa forza espansiva della materia attenuata il Fusinieri verificò costantemente queste leggi assai rimarchevoli: I. Quant' è più piccola la massa e più elevata la temperatura de' corpi che spiegano quest' azione repulsiva, tanto più vigorosa essa riesce; epperò la medesima si mostra progressiva colla divisione delle parti. II. Ogni ostacolo esterno e meccanico opposto alla naturale espansione d'un corpo per alcuna direzione gli fa rivolgere quella sua energia in altre ed opposte direzioni; per modo che le parti di esso, così diversamente sollecitate, reagiscono tra loro con moti singolarissimi, sino a produrre la riunione e il consolidamento delle parti premute in direzioni convergenti. Quindi il conflitto della forza espansiva propria delle varie particelle de' corpi può divenir causa di coesione. III. I differenti corpi manifestano in grado diverso codesta attività. In genere essa si mostra proporzionata all'energia con cui i diversi corpi nel conflitto voltaico assumono i due opposti stati elettrici: ma l'azione espansiva precede sempre, come necessaria condizione, l'azione elettrica. IV. Durante la spontanea suddivisione dei corpi attenuati si appalesa un calore loro proprio e proporzionato alla loro energia di espansione, epperò anche al loro potere elettro-chimico; in virtù del qual calore, che può dirsi nativo dei corpi, si osservano evaporazioni e bollimenti straordinari dei liquidi, fusioni e volatilizzazioni dei solidi, ecc. V. Nell'atto stesso che i corpi attenuati si espandono, suscitansi chimiche azioni, per cui, se sono composti, spontaneamente si decompongono, con singolari fermentazioni, ossidazioni, isvolgimenti di gas, concrezioni, ecc., secondo la varia natura dei

corpi medesimi; di modo che la mutazione chimica riesca in essi effetto della loro forza espansiva e delle reazioni da questa promosse.

Se i limiti di questa pubblicazione non ci vietassero d'entrare in maggiori particolari, vorremmo dichiarare come il Fusinieri, dietro siffatte leggi d'azione della materia attenuata, sia pervenuto a dimostrare che nella indefinita divisibilità de' corpi e nella forza espansiva propria delle loro parti minime si hanno la condizione prima e il primo movente de' fenomeni molecolari, calorifici, chimici, elettrici e luminosi che essi ci presentano in ogni loro conflitto. E vorremmo pur dichiarare come dietro questi principii si renda ragione di moltissimi fenomeni fisico-chimici, in modo assai più semplice e soddisfacente che no' l' facciano le comuni dottrine di que' fisici e chimici che per ispiegarli presuppongono il concorso di molte e distinte forze, oppure di molti e distinti fluidi.

Imperocchè noi crediamo che intorno a questi principii di meccanica molecolare del fisico vicentino vengano a rianodarsi innumerevoli fatti, investigati da altri sperimentatori con differenti vedute. E per accennarne alcuni, diremo che i tanti fatti raccolti dal Paoli in quel suo pregevolissimo libro *sul moto molecolare dei solidi* (Pesaro 1825 e Firenze 1840), dai fisici troppo presto dimenticato, come già fecero pei mirabili scritti del Boyle, vengono tutti a confermare all'evidenza questo principio: che, in virtù della divisione continuamente attuata nell'interno de' corpi, le loro parti riescono in istato di perenne moto intestino, e tendono a trasmettere all'esterno la loro attività col mezzo di una materiale emanazione di tenuissime particelle. Similmente per essi si coordinano assai ragionevolmente i fatti segnalati dal Brown sui moti delle particelle minutissime d'ogni corpo sospese nell'acqua; i fatti di espansioni ed irruzioni de' liquidi e de' solidi, per ispiegare i quali il Dutrochet immaginò una forza epipolica, ed il Mossotti una forza contrattile superficiale de' liquidi; come pure i tanti fatti di permeazione de' liquidi ne' solidi, di condensazione dei gas sì nei liquidi che nei solidi, e quelle singolari imbibizioni che si denominano endosmosi, operate dai tessuti organici; i quali fatti erroneamente s'attribuiscono a certo qual potere assorbente de' solidi e de' liquidi, laddove dipendono dalla forza espansiva propria dei liquidi e dei gas, provocata dalle condizioni di attenuazione offerte loro dai corpi porosi. Inoltre i principii di meccanica molecolare del Fusinieri rischiarano mirabilmente quei fatti che stanno ne' più oscuri confini tra la fisica e la chimica, come a dire quelli ascritti dal Berzelius alla forza catalitica; quelli

che dal Selmi si attribuiscono ai moti vibratorii delle molecole; quelli additati dal Millon sull'influenza della quantità dei solventi e sull'intervento delle minime masse nelle combinazioni; quelli annoverati dal Becquerel come lente azioni elettro-chimiche; quelle singolarissime trasmissioni d'azion chimica indotte dalla luce, dal calore, dall'elettricità, segnalate dal Fizeau, dal Moser, dal Knorr, dal Karsten, dal Reiss, dal Draper, le quali tutte voglionsi spiegare dal Bizio mercè uno stato vibratorio repulsivo delle molecole superficiali dei corpi; e intine le fermentazioni e le lente combustioni dei corpi organici, attribuite dal Liebig al perdurare in questi di certi movimenti molecolari una volta suscitati per estrinseci impulsi. Anzi può dirsi che que' principii del fisico vicentino porgano una chiara teoria delle chimiche azioni in generale, finora vagamente ascritte all'affinità, mostrando che esse propriamente consistono nell'atto della suddivisione reciproca e progressiva delle particelle dei corpi che si meschiano, si sciolgono o si fondono gli uni cogli altri; la qual divisione trova soltanto un limite, allorchè le loro parti giungono a tale sottigliezza da involgersi scambievolmente in modo che l'energia espansiva delle une convertesi con quelle delle altre a produrre la loro coesione: cosicchè le teorie del Bizio e del Baudrimont sull'elaterio proprio delle molecole, assegnato come causa delle combinazioni dei corpi, devonsi riguardare come una conferma di quei principii. Ed anche il Laurent ed il Gerhard, provando che nelle chimiche azioni, e massime in quelle dei corpi organici, la forma, ossia la speciale disposizione delle molecole che li costituiscono, ha molte volte una maggiore influenza che la natura chimica dei loro componenti nel determinare le proprietà fisico-chimiche dai medesimi offerteci, vennero indirettamente ad appoggiare la teoria del fisico vicentino sui diversi gradi di suddivisione cui si spingono i corpi nelle differenti loro combinazioni, cioè negli speciali conflitti della diversa energia espansiva delle loro particelle.

Insomma noi crediamo che dappresso la meccanica molecolare del Fusinieri si possano raggruppare in un sol corpo di dottrine tutti quegli ordini di fenomeni assai curiosi, che sono a' giorni nostri di preferenza studiati, e che appalesano sempre nuovi punti di contatto fra le tante forze ideate dai fisici e dai chimici. Perciocchè a nostro giudizio tutti codesti studii sperimentali pervengono ognor più a convalidare i principii del Fusinieri, allargandone mirabilmente il campo. E in vero i pensieri sui rapporti delle forze fisiche esposti dal Grove in un suo corso di sperienze, professato sino dal 1842 nel collegio di Lon-

dra, in cui ebbe a riassumere e prevedere, in modo veramente filosofico le risultanze degli accennati studii, ci sembrano una illazione direttissima della dottrina del fisico vicentino intorno alla indefinita espansibilità della materia attenuata, proposta come la condizione necessaria e generale di tutti i fenomeni fisico-chimici che ci presentano i corpi nei loro conflitti.

Or ecco un sunto della tesi sostenuta da quel sagacissimo fisico inglese, testè ricordato. Si proponeva egli di mettere in evidenza il legame che sussiste fra le diverse proprietà della materia, in virtù delle quali, sotto differenti condizioni, essa manifesta la propria attività coi moltiformi fenomeni di moto, di calore, di affinità, di luce, di elettricità e di magnetismo. E con ciò tendeva a dimostrare che erroneamente dalla comune dei fisici tali proprietà si giudicano effetti speciali di altrettante forze estrinseche alla materia, supposta affatto passiva. Incominciava poi col far riflettere che fra tutti i succitati ordini di fenomeni, quello più facile ad esser percepito, e la cui nozione è per noi più semplice e più ovvia, è innegabilmente il moto: anzi avvertiva come la nozione di moto ebbe sempre una parte notevolissima nelle varie ipotesi che i fisici andarono formulando intorno alla essenza delle diverse forze da essi supposte. Quindi offriva lunga serie di esperienze per mostrare che il moto attuato nei corpi basta da solo a dare origine a' fenomeni di calore, di luce, di elettricità, di magnetismo e di chimica affinità. In seguito passava in rassegna tutti gli altri ordini di fenomeni, e provava che, prendendo ciascuno qual punto di partenza, si può sempre giungere alla produzione di tutti gli altri. Così coll' elettricità si manifestano l'affinità, la luce, il calore, il magnetismo e il moto: col mezzo del calore attiviamo fenomeni di elettricità, di affinità, di moto, di luce e di magnetismo. Similmente la luce può indurre nei corpi il magnetismo, l'azione chimica, e quindi l'elettricità e gli altri ordini di fenomeni. Del pari promovendo il magnetismo, otteniamo il moto, l'affinità e gli altri fenomeni. Ed ecco la conclusione che ne traeva il Grove. Se noi intendessimo retrocedere nelle singole serie dei menzionati ordini di fenomeni, allo scopo di segnar quello, nel quale sta in fatto la iniziativa di ciascuna di quelle serie, noi in ogni caso cadremmo in un circolo vizioso, perciocchè tutte quelle forme di fenomeni sono suscettibili di provocarsi tra loro scambievolmente. Nondimeno il nostro intelletto, scorgendo nel moto il più semplice modo dell'agire d'un corpo, propenderà a ritenerlo quale fenomeno elementare od iniziale. Epperò la fisica, mirando a comporre una teoria generale delle for-

ze, traducibile in formole matematiche, potrà sperare, dietro questi principii, di fondarla compiutamente sopra una scienza meccanica del moto e delle resistenze.

Dalla qual dottrina del Grove noi caviamo il seguente corollario. Posto che i diversi modi d'agire della materia dei corpi nei loro svariati fenomeni si possono promuover tutti e manifestare a vicenda gli uni per mezzo degli altri, converrà dire che essi abbiano tra loro così intima ed essenziale connessione da doversi guardare quali meri aspetti diversi d'un unico fatto generale, che è il comun movente di quei fenomeni. E un tal fatto fondamentale a noi si offre sotto distinti aspetti, in quanto che lo percepiamo parzialmente, a mezzo dei varii nostri organi sensorii, od a mezzo dei varii stromenti, con cui notiamo l'avvenimento di esso e ne misuriamo la quantità d'azione. Per modo che soltanto coll' intelletto, raccogliendo in uno quei diversi aspetti, possiamo concepire quel fatto generale in tutta la sua pienezza, o meglio in tutta la sua nudità, epperò avvederci che esso in ogni caso si risolve nel moto delle particelle materiali dei corpi, provocato dalla loro spontanea e indefinita divisibilità.

E qui ci piace di poter ricordare una profonda osservazione, dettata dal Galileo nel suo Saggiatore, la quale torna assai in acconcio a svolgere questo nostro argomento, e insieme a mostrare quanto chiaramente quel sommo filosofo presentisse fin d'allora quello che le scienze fisico-chimiche vengono oggi a convalidare sperimentalmente. « I sapori, egli diceva, i colori, gli odori, il calore non sono qualità intrinseche dei corpi, ma tengono solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sicchè, rimosso l'animale, sono tutte annichilate, mentre nei corpi esterni ad eccitare in noi quelle diverse affezioni altro non si richiede che grandezze e movimenti di varie dimensioni e velocità » E noi aggiungeremo che in quanto ai rapporti delle cose esterne col nostro organismo, i varii movimenti molecolari, proprii dei corpi e delle loro emanazioni, sono percepiti sotto i distinti aspetti di sapore, di colore, di odore e di calore per il solo riguardo dei differenti nostri organi sensorii, ai quali quei movimenti si trasmettono; laddove in quanto ai rapporti delle cose esterne tra loro, i medesimi movimenti riescono distinti gli uni dagli altri pel solo riguardo degli speciali stromenti indicatori o misuratori delle azioni termiche, magnetiche e luminose, i quali strumenti appunto valgono a tradurre quei movimenti molecolari sotto varie forme ed a segnalare con effetti differenti quelle sottili emanazioni.

Ora, tornando alla dottrina del Grove, diciamo che, a nostro credere, i primi lineamenti della medesima s'incontrano negli scritti del Paoli, e soprattutto in quelli del Fusi-

nieri; anzi col vantaggio notevolissimo che quivi è dimostrato sperimentalmente il punto cardinale di quella dottrina, essere cioè il moto delle particelle minime dei corpi il fatto primo e necessario per la manifestazione di tutte l'altre forme dei fenomeni; laddove questo punto fondamentale viene ammesso dal fisico inglese soltanto come un dato di probabile induzione, perciò che il concetto di moto ci appare assai più semplice ed ovvio che i concetti degli altri ordini di fenomeni. Infatti, molto prima di lui, aveva il Paoli dimostrato doversi sbandire dai canoni della scienza l'inerzia, o passività assoluta della materia; poichè all'incontro non v'ha corpo in natura le cui particelle non si mostrino sollecitate da incessanti movimenti, che ben possono dirsi spontanei: e infatti anco nei solidi minerali i più compatti e più coerenti, si verificano continui mutamenti di struttura e di composizione e continui scambi di materia sottile coi corpi esterni, al tutto paragonabili a quelli che assai più manifestamente noi rileviamo ne' corpi organici viventi. Ed anche il Fusinieri aveva già da gran tempo chiaramente provato che la suddivisione spontanea e progressiva delle particelle dei corpi ridotti, per qualsiasi circostanza, a minime dimensioni è l'unica necessaria condizione tanto delle varie azioni molecolari designate sotto i nomi di espandimenti, imbibizioni, permeazioni, endosmosi, ecc., come ancora delle multiformi azioni chimiche, calorifiche ed elettriche, le quali indeclinabilmente accompagnano quelle azioni molecolari, anzi da questa direttamente provengono in ogni caso di loro manifestazione.

E per tal modo il Fusinieri, non soltanto semplificava la scienza fisica, dimostrando la inanità delle tante forze e dei tanti fluidi imponderabili, ma segnalava ancora lo strettissimo ed insuperabile vincolo che sussiste tra qualsiasi fenomeno molecolare ed i fenomeni chimici, calorifici ed elettrici che ne susseguivano. E così precorreva egli molte verità importantissime, soltanto oggi giorno avvertite da pressochè tutti i fisici; vogliam dire: che mai non si verificano azioni molecolari, nè azioni chimiche, le quali siano accompagnate da manifestazioni di calore e di elettricità; che tanto la voltiana quanto la elettricità statica sono promosse da azioni molecolari e chimiche, e propriamente consistono nel trascorrimiento o nella emanazione di particelle attenuatissime di quegli stessi corpi che reagiscono tra loro chimicamente; che la scintilla elettrica puramente si risolve nella incandescenza e nella combustione di quelle medesime sottili particelle che si dipartono dai corpi in istato elettrico; che mai non si dà luce elettrica senza l'intervento di materiali particelle, allo stesso modo che ne è sempre accom-

pagnata quella luce che si suscita dalle chimiche combinazioni; che anco nelle folgori esiste non poca materia pesante in istato di estrema divisione, di incandescenza e di combustione; e infine che la stessa luce solare, inducendo nei corpi alcuni spostamenti materiali, calore, azioni chimiche ed elettricità, e mostrandosi modificabile dalle correnti elettriche e magnetiche, debba pur essa avere una origine somigliante ed una somigliante composizione, come già l'indicavano le osservazioni dell'Herschell sulla costituzione dell'atmosfera solare. E per tutto ciò acquisterebbe una maggiore probabilità quel principio teorico del Fusinieri che il calore e la luce, comunque sorgano dalle azioni molecolari, chimiche ed elettriche, consistono unicamente nella piena manifestazione della forza repulsiva propria della materia, quando essa arriva ad una massima suddivisione, cioè quando passa allo stato raggiante.

Infine il Fusinieri, nel mentre metteva a nudo l'intima natura delle forze fisico-chimiche, veniva altresì a gettare qualche luce su alcune forze congetturalmente assunte dai fisiologi. Imperocchè nelle funzioni di nutrizione, di respirazione e di riproduzione, proprie delle varie specie di corpi organizzati, noi vediamo intervenire, ad ogni istante e in un modo complesso, fenomeni di capillarità, di endosmosi, di mutamenti chimici, di calore, di elettricità, ec., i quali tutti si devono ascrivere alla forza espansiva propria dei corpi liquidi e gasosi, da esso segnalata, e in virtù della quale si determinano quei continui movimenti e quelle mutazioni continue dei così detti elementi organici, attraverso i varii tessuti che costituiscono la forma propria di ciascuna specie di vegetali e d'animali.

Da tutte le cose sin qui ricordate pare a noi che non senza ragione si possa conchiudere che i tre fisici sopra menzionati, il Fusinieri, il Paoli ed il Grove, abbiano toccato alla più alta meta scientifica, disvelando quegli intimi rapporti che corrono tra i varii ordini di fenomeni, e designando idealmente il latente meccanismo di quelle potenze che, nel mentre determinano la varietà e la perenne mutabilità delle cose, provocano il successivo e indeclinabile esplicamento della vita in ogni parte dell'Universo.



ACCADEMIA DI FILOSOFIA ITALICA(*)

Son pochi mesi, da alcuni italiani radunati in Genova pubblicavasi, sotto il titolo di proposta d'un'Accademia di filosofia italiana, il programma d'una vasta associazione di studii. Trattavasi di richiamare gl'intelletti dei giovani alle libere investigazioni della filosofia razionale, educandoli al tempo istesso ai severi metodi della naturale filosofia; trattavasi di dirigere gli studii e i lavori dei dotti e degli sperimentatori, raccostando le loro teorie ed i loro trovati; volevasi finalmente formulare alcuni supremi principii di tutto lo scibile, mercè i quali poter evitare da un lato le vuote speculazioni del misticismo e del trascendentalismo, e dall'altro il gretto formalismo dei sensisti e le aride negazioni dello scetticismo. Tale almeno ci parve l'intento dei promotori di quell'Accademia, i quali dichiaravano soprattutto di voler evocare e far rifiorire l'antichissima scuola di filosofia italiana, ristaurata già tra noi con tanto lustro nel secolo XVI.

È questo un pensiero, al quale è impossibile non applaudire. Tutti sanno quanto ai nostri tempi sia decaduta in Italia la filosofia razionale. Ristretta allo sterile campo dell'ideologia e della psicologia, poco curante delle dottrine naturali e cosmologiche e delle istituzioni sociali, essa va sempre più perdendo quell'importanza scientifica e quella pratica utilità, per cui un tempo primeggiò su tutte le altre cognizioni, raccogliendone in sé i principii ed i metodi. Perciò vediamo i fisici e i naturalisti errare oggidi in traccia di alcuni principii sintetici, a fine di coordinare la sterminata congerie dei fatti empirici; vediamo infine la tradizione religiosa voler sorpassare i limiti della propria missione, e imporsi regolatrice nell'insegnamento scientifico e filosofico, inceppandone con danno gravissimo ogni libero slancio.

(*) Dal *Crepuscolo* N. 25 Luglio 1850.

L'Accademia, che annunciamo, potrebbe appunto riparare a questo difetto. Se la filosofia vuol serbare in Italia il suo primato scientifico, è necessario ch'ella ricorra interamente il lungo e difficile cammino segnato già dalle antichissime scuole di filosofia italiana, e poi ritentato gloriosamente dai filosofi del secolo sedicesimo; è necessario ch'ella si rifaccia a investigare liberamente colla ragione e coll'esperienza i principii e le leggi della vita fisica e civile dell'umanità. Ai dì nostri la filosofia deve saper comprendere e fecondare non soltanto le tradizioni d'una stirpe, ma tutte le diverse formole religiose, cosmologiche e politiche d'ogni età e d'ogni popolo, se non vuole immiserire fra le più volgari superstizioni, o mettersi al servizio dell'egoismo e della forza. Le antiche scuole italiane, la pitagorica, l'eleatica, l'empedoclea, nel mentre tentavano le più elevate speculazioni sulle leggi del mondo sensibile, armonizzandole colle leggi del mondo ideale, ricusavano al tempo istesso di riconoscere le dottrine politeistiche e le massime politiche imposte allora ai popoli; esse avevano la loro dottrina morale, sulla quale istituirono pei loro iniziati quelle comunità civili, tanto ammirate dalla moltitudine e tanto perseguitate dal dispotismo e dal sacerdozio, la cui celebrità si diffuse anche fuori d'Italia. E fu in esse che il più felice ingegno della Grecia, Platone, venne ad attingere le ispirazioni per la sua cosmologia, e le norme per la sua repubblica. E del pari quegli arditi e sventurati filosofi che illustrarono l'Italia nel cinquecento, adunando e coordinando, assai prima del Verulamio e del Cartesio i materiali d'una vasta enciclopedia, lasciarono nei loro scritti non solo un tesoro di massime metodiche e di precetti sperimentali, ma eziandio molti principii e molte teorie tendenti a rannodare la scienza della ragione con quella della natura, ad armonizzare le istituzioni politiche colle aspirazioni morali dell'umanità. Ond'è che senza taccia d'orgoglio nazionale possiam dire che i due principii, nei quali si riassume tutto il moderno sapere, quello cioè della vita perenne e comune d'ogni parte dell'universo, e quello della perfettibilità indefinita dell'umano consorzio, hanno i loro primi germi nella tradizione filosofica d'Italia.

.



SULLA

INTERNA FLUIDITÀ DELLA TERRA^(*)

I.

Le quistioni svolte in questo pregevole opuscolo del celebre nostro fisico sono indubbiamente di somma importanza per giudicare de' fondamenti di alcune teorie geologiche.

Già il Cordier, nel memorabile suo studio sulla temperatura dell' interno della terra, aveva asserito che l' inviluppo solido del globo fosse costituito di parti sconnesse e formanti un sistema flessibile, sorretto dall' interna massa, tuttavia fluida per l' intensissimo suo calore d' origine. Ma aveva poi aggiunto che siffatta corteccia terrestre, a motivo del più facile suo raffreddamento, provava una contrazione più sensibile che non la parte liquida, e che perciò una porzione di questa ad ogni tratto veniva spinta fuori, riversandosi in forma di lava per le molte bocche ignivome che s' incontrano sulla superficie del globo: con che intendeva egli di esibire una ragione meccanica delle eruzioni vulcaniche.

All' incontro il Beaumont venne poco dopo a sostenere, che la scorza della terra, una volta formatasi, doveva andar soggetta ad una contrazione meno risentita che non la massa fluida: quindi, col lungo corso dei secoli, doveva staccarsi quella da questa, lasciando framezzo un vano anulare, attraverso il quale sarebbesi poi ripetutamente precipitata la crosta medesima, ogniquale volta si infrangeva per la prevalente spinta del proprio peso. E su questa congettura l' illustre geologo francese ha edificato la sua teoria

(*) Dal *Crepuscolo*. Ottobre 1851. N. 41 e 42. A proposito dell' opera: *Pensieri sulla resistenza e sulla densità della crosta terrestre*, del professore G. Belli.

de' sollevamenti delle catene montuose, ormai accetta da tutti i geologi.

Ora il Belli viene a mostrar erronee entrambe queste ipotesi.

Considera dapprima la consistenza della crosta terrestre in rapporto alla compressione, e supposto che la crosta della terra sia formata di un unico pezzo di qualunque delle più consistenti materie che si conoscano, caso il meno favorevole alle conclusioni alle quali vuol giungere l'autore, dimostra che essa crosta non si può reggere che pochissimo su di sé a modo di vòlta, ma che alla guisa di molle pasta si deve appoggiare ed abbandonare quasi interamente sul nucleo liquido da lei abbracciato. Le asserzioni del Belli sono convalidate da calcoli. Se immaginiamo divisa la crosta terrestre in due eguali parti per mezzo di un piano passante per l'equatore, e supponiamo che la parte liquida contenutavi si stacchi dal contatto con essa crosta; siccome le differenti parti di questa continueranno ad esser attratte verso il centro della terra, quelle due mezze croste manifestamente si verranno a comprimere l'una contro l'altra con una forza che possiamo con facilità determinare, purchè si ritenga la crosta sferica di una densità uniforme, terminata all'esterno ed all'interno da due superficie sferiche concentriche, e non si tenga a calcolo la variazione della gravità dovuta alla latitudine. Ciò appunto fa il Belli valutando la componente, parallela all'asse della terra, della attrazione esercitata sopra una mezza crosta dall'altra metà e dal liquido racchiuso. Quindi applicando alle formole ottenute i numeri comunemente accettati a rappresentare la densità media della terra, la densità media della crosta solida, ecc. giunge a provare che, ritenuta la grossezza di essa crosta di 60.000 metri, non potrebbe essa reggersi da sola che per una porzione grossa 333 metri quando fosse di ferraccio, per una grossezza di 171 metri se fosse di portido, e per 97 metri se fosse di ferro dolce. Cosicchè, per quanto si voglia ritenere minima la grossezza della crosta solida del globo, resterebbe mostrato erroneo il supposto del Beaumont che fra questa e l'interna massa liquida possa formarsi una vuota intercapedine durante il lungo corso de' secoli compresi fra ciascuna delle tredici (o venti, come avvisò più tardi) grandi epoche di sollevamento da lui stabilite. E ciò sembrerà tanto più erroneo, ove si rifletta che la corteccia terrestre in fatto non costituisce — come, ad abbondanza, concede ne' suoi calcoli il Belli — un' unico pezzo, in ogni suo punto ugualmente continuo e coerente. Anzi molta parte di essa è costituita da materie ben poco coerenti, come

sono i terreni d'alluvione, e in genere tutte le rocce che non hanno struttura compatta o cristallina: e per ciò le più coerenti si mostrano interrotte da estesissime ed innumerevoli fessure, per le quali filtrano agevolmente le acque. Oltrecchè molte materie che per poco resistono a dati sforzi, vi cedono poi, ove questi durino lungamente. Infine gli strati più profondi e vicini alla massa fusa ed infuocata, scaldandosi pur essi fortemente, perderebbero assai della loro resistenza. Laonde, conchiude il Belli, la parte di crosta che può effettivamente rimanere a lungo sostenuta per propria consistenza, e senza gravitare sulla sottoposta materia fluida, sarà di molto minore di quanto risulta dall'accennato calcolo.

Passa in seguito il nostro fisico a confutare l'opinione del Cordier, mostrando non poter darsi che il prevalente restringimento della corteccia abbia a comprimere il liquido racchiuso e ad obbligarlo a sollevarsi, anche di poco, oltre l'altezza voluta dal peso della stessa corteccia; giacchè in tal caso questa s'infrangerebbe non ostante il rilevante suo spessore. E infatti supponendo pure, come dianzi, che la crosta terrestre fosse d'un sol pezzo, senza screpolature o discontinuità di sorta, costituita tutta d'una pietra molto tenace, qual'è, ad esempio, la pietra calcare di Portland (atta a resistere alla trazione di oltre 60 chilog. per ogni centimetro quadrato di sezione), ed attribuitole anche una forma meglio resistente della reale — quella cioè d'un involuppo sferico e non ellissoidico — egli trova che immaginando un cilindro retto verticale, il quale attraversi la crosta terrestre in tutta la sua grossezza, ed immaginando versata entro di esso materia fusa della stessa qualità di quella esistente nell'interno della terra, la crosta terrestre incomincierebbe a rompersi appena che il liquido contenuto si alzasse nella cavità cilindrica al di là di metri 4 1/2 sopra il livello necessario ad equilibrare il peso di essa crosta. Ed ancor qui — tenuto poi conto delle tante irregolarità di coesione e di continuità che in fatto s'incontrano nell'involucro terrestre; delle tante parti assai meno tenaci che entrano a costituirlo; della diminuzione nella resistenza alla trazione che si verifica ne' materiali, sia col portarli ad elevate temperature, sia coll'assoggettarli a sforzi lungamente durevoli, ed infine delle tante fenditure causate in esso dalle ripetute scosse dei terremoti — non parrà irragionevole l'inferirne col Belli, che a produrre lo squarciamento dell'involuppo solido del globo basterebbero all'interna massa liquida pochi centimetri d'altezza al di là di quanto necessita per equilibrarne il peso. E quindi sebbene il Belli convenga col Cordier nel credere affatto scon-

nesso e cedevole un tale inviluppo, ritiene però questo dato al tutto inadeguato a spiegare le eruzioni vulcaniche, per le quali si vorrebbe che le lave sorgessero ad altezze ben maggiori.

Anzi il Belli, non men dotto fisico che abile matematico, esamina le suindicate quistioni sotto un altro aspetto. Ammette dapprima che la crosta terrestre, pel suo successivo raffreddarsi, si trovi in uno stato di stiramento, e però calcolando l'elasticità alla distensione delle materie che la costituiscono, trova che un tale stiramento non può crescere a segno da far comprimere, notevolmente l'interna materia liquida più di quanto è richiesto dal peso della crosta; o tutt'al più l'eccesso della forza comprimente corrisponderà appena al peso di uno strato alto qualche centimetro. E se invece si vuol ammettere che la materia liquida venga a ristringersi più che non faccia la capacità della crosta, egli trova che la parte di questa sostenentesi da sé, ancor dopo trascorsi 83 secoli, non arriverebbe a pareggiare in massa uno strato liquido alto un decimetro. Ora, questo supposto distacco non essendo compatibile coi continui sommovimenti ai quali va soggetta la superficie del globo, dovrà invece la crosta in alcuni punti abbassarsi e sollevarsi in altri, ossia raggrinzarsi di tanto da scemare, almeno in gran parte, la compressione trasversale prodotta dal raffreddamento. Quindi il Belli dà ragione a quei geologi che, presupponendo un eccedente raffreddamento delle parti interne, ammettono che nella crosta vadano di continuo formandosi dei corrugamenti, ora in una direzione ed ora in un'altra, a cui corrispondono i sollevamenti delle montagne. Ma è facile avvedersi, dietro le premesse, che questi raggrinzamenti dell'involucro solido devono compiersi mercé un'azione lenta e continua come ritengono i geologi partigiani delle cause attuali, e non per impetuosi sobbalzi verificantisi soltanto a periodi lunghissimi di tempo, come invece opina il Beaumont. Ad ogni modo, secondo il Belli, devesi ritenere che lo stato forzato, sia poi esso di distensione o di compressione, cui può reggere la crosta terrestre, non corrisponda mai più che a lievissime variazioni di pressione nella superficie del nucleo liquido; ossia la crosta medesima non potrà nè crescere nè diminuire che di ben poco la pressione esercitata dal proprio peso sulla interna massa fluida.

Da siffatte considerazioni, sgorga, come evidente corollario, questa tesi sostenuta dal Belli nella prima parte del suo opuscolo: che la crosta solida terrestre, per quanto sia grossa e consistente, la si può ritenere, per riguardo alla sua estensione grandissima ed all'enorme suo peso,

come mollemente adagiata sul sottostante nucleo liquido, dal quale si fa interamente portare, incapace sia a resistere ad interne forze distendenti, sia al reggersi da per sé stessa. E quindi la si può considerare come fosse formata di molti pezzi contigui, poco saldi, imperfettamente tra loro collegati, e gravitanti sull'interna massa liquida, a guisa d'una stoffa immollata o d'una cedevole pasta, senza che possano nè sensibilmente puntellarsi l'uno coll'altro, nè resistere ad una benchè lieve forza divellente.

Nella seconda parte di questo opuscolo il professore si fa ad indagare se la porzione solida della terra abbia una maggiore o minore densità che la porzione liquida. Al qual intento, avendo egli già provato che lo strato solido esterno si abbandona e gravita coll'intero suo peso sulla interna materia liquida, immaginò di rilevare a quale altezza giunga la materia fluida, quando trova uno sfogo libero e può mantenersi colla superficie liquida e tranquilla, e di paragonarla colla media altezza che ha in fatto al dissopra del livello dei mari la superficie terrestre con tutte le sue irregolarità: poichè maggiore sarà la densità della crosta se la prima altezza si troverà eccedere l'altra. Veramente ingegnoso è questo pensiero: ma a noi pare che gli siano mancati i dati per una soddisfacente soluzione dell'indicato quesito.

Supposto, come pur ammettono parecchi distinti geologi, che le lave stagnanti nel fondo dei crateri vulcanici siano in diretta comunicazione col nucleo liquido della terra, la ricercata altezza dell'interna materia fluida si potrà determinare qualora s'incontrino crateri ne' quali la lava, anche fuori delle violenti crisi di eruzione, si mostri allo scoperto e si mantenga colla superficie liquida e tranquilla. In così opportuna condizione crede il Belli trovarsi il vulcano chiamato Kirauea, posto in una delle isole Sandwich nell'Oceano Pacifico. In mezzo al cratere di questo vulcano si scorge un lago, lungo circa un miglio e largo mezzo miglio, formato di materia fusa e rovente, che sembra scorrere tranquillamente a guisa di fiume. Ma sgraziatamente non si ha una misura diretta dell'altezza di questa lava sopra il livello del mare: però, combinando i dati di diversi osservatori, il Belli ritiene che essa stia elevata 840 metri.

E quando poi la massa interna fosse perfettamente liquida e scorrevole, ed avesse ovunque una eguale densità a distanze uguali dal livello del mare, dovrebbero anche le lave di tutti i vulcani della terra avere altezze eguali; eccetto tenui differenze per le variazioni nell'intensità della gravità in relazione alle latitudini dei luoghi. Però in un altro vulcano, lo Stromboli, fornante una delle isole Lipari

nel golfo Siculo, la lava si trova in condizioni analoghe alle precedenti, benchè assai più ristretta, ed un tal poco agitata per esplosioni quasi continue di materie aeriformi. E ancor qui, in mancanza di misura diretta, il Belli, combinando i dati di due osservatori, lo Spallanzani e l'Hoffmann, e fatto riflesso alla diminuzione di densità recata da dette materie aeriformi, assegna per altezza normale della lava 700 metri sopra il livello del mare.

Ora la differenza di 140 metri, risultante fra le accennate altezze della lava a superficie libera, se la si rapporta all'altezza della intera colonna liquida che sorge attraverso la crosta solida, ritenuta grossa 60 mila metri, la si rileva abbastanza piccola, cioè di 1/430: e quindi attribuibile ad una leggiera diversità di peso specifico fra le lave dei due vulcani, dipendentemente da qualche differenza nella loro temperatura o nella loro composizione. Per esempio, se la colonna di lava dello Stromboli fosse appena di 13° C. meno calda di quella del Kirauea, dovrebb'essere appunto 140 metri meno elevata di questa onde farvi equilibrio: del pari una lieve diversità di composizione, quale si osserva fra le lave reiette in epoche diverse da un medesimo vulcano, basterebbe a produrre una differenza di densità rispondente alla variazione di altezza fra le accennate due colonne di lava. Dietro ciò, ritiensi dal Belli che questa tenue differenza torni in appoggio dell'opinione sopra ricordata, che le lave di tutti i vulcani comunichino tra loro liberamente per mezzo della centrale materia fluida del globo: mentre se fosse altrimenti, un tale risultato sarebbe un accidente poco probabile.

Ma a noi questa illazione non pare ancora molto stringente. Prima per riguardo ai troppo scarsi dati in base ai quali furono desunte le surriferite altitudini normali delle lave di quei due vulcani. Poi riguardo alla poco sicura estimazione dell'influenza che le materie aeriformi, sgorianti in copia molto maggiore dallo Stromboli che dal Kirauea, potrebbero avere nel diminuire la densità della lava del primo vulcano, per modo da risultare ancor più sentita la differenza fra le altezze delle due lave ridotte a densità uguali. Indi per riguardo all'essersi supposte pressochè uguali la temperatura e la composizione, e quindi la densità delle lave dei due vulcani: mentre la detta differenza delle due altezze, invece che menomarsi, come suppone il Belli, potrebbe anche farsi più rilevante, qualora la lava dello Stromboli fosse o più calda dell'altra, o formata di materie più dense, od avesse le due cose in un punto. Inoltre riguardo all'incertezza troppo grande in cui versiamo relativamente alla legge della progressione della tem-

peratura colle profondità, e quindi rispetto allo spessore è da attribuirsi alla crosta solida: poichè se questo spessore avesse a ridursi, come molti vorrebbero, a soli 40 mila metri la menzionata differenza renderebbesi più saliente, cioè di 11286 invece che di 11430 dell'altezza totale della colonna liquida. Ed intine per riguardo alla difficoltà di concepire che siffatte colonne di materia fusa, attraversando una lunga serie dei strati solidi colle temperature continuamente decrescenti, possano nondimeno serbare in sè tanto calore da rimanere pur sempre liquide, benchè abbiano una larghezza ben piccola rispetto alla supposta sterminata loro altezza di 60 mila metri. Vero è che per questo ultimo riguardo alcuno potrebbe osservare, come fa il Belli a pag. XV, che le parti della lava alquanto raffreddate e quelle che cominciano a solidificarsi vadano mano mano discendendo come più dense, e faccian quindi luogo al salire di altre più calde e meno liquide; e così le parti più elevate di tali colonne riescirebber sempre fluide, essendo inefficiente la sottoposta fonte di materia fusa.

Nondimeno conveniamo col Belli essere oltremodo importante per la scienza l'esatta determinazione delle altezze normali delle lave a superficie libera. Poichè qualora fosse dato di ripeterle con esattezza sopra un buon numero di vulcani, tra loro molto discosti, e di riscontrarle tutte collimanti ad una cifra o di poco differenti, certo acquisterebbe una grandissima probabilità l'opinione summenzionata della libera comunicazione delle lave di tutti i vulcani della terra. Però non se ne potrebbe ancora rigorosamente inferire, che tutta la massa centrale del globo sia tuttora in istato liquido: potrebbesi pur invece supporre — come ritengono il Prevost ed il Faye, geologo l'uno, l'altro astronomo assai celebrati — che i diversi fenomeni plutonici da noi osservabili sulla superficie del globo abbiano relazione unicamente con uno strato, posto a non molta profondità, ed in istato di fusione ignea, e siano affatto indipendenti dallo stato del nocciolo, il quale potrebbe pur esser solido, sembrando al tutto sproporzionati gli effetti di tali fenomeni coll'intervento dell'intera massa del pianeta. Anzi il Faye opina doversi sbandire, come inutile ed impossibile, ogni indagine minuziosa sullo stato attuale ed anteriore del nucleo della terra (veggasi il Rendiconto dell'Accademia di Francia per le sedute del 23 settembre e 14 ottobre 1850).

Accenna poi il Belli, benchè sopra dati alcun poco indiretti, che il libello normale della lava nel Vesuvio si trovi tra i 750 ed i 918 metri. Ma ancora contro il valore di questo risultato si possono ripetere i dubbi testè notati,

tanto più che per esso andrebbe crescendo la differenza fra le altezze delle lave; differenza che farebbesi poi rilevante rispetto all'altitudine di metri 1317, ricordata dal medesimo Belli, da cui viddesi traboccare la lava nel vulcano di Giorullo in America, essendo questa pressochè doppia, almeno sovra il livello del mare, dell'altezza corrispondente dello Stromboli. Anzi nelle opere dei geologi si trovano parecchie menzioni di lave riversatesi da elevazioni ben maggiori. Basti per tanti questo esempio: nel 1829 Erman, stando sul vulcano Klutschew nel Kamtschatka, alto 15 mila piedi sul livello del mare, vidde sgorgare a 700 piedi dalla cima — e quindi da circa 4350 metri sovra il detto livello — un torrente di lava, il quale squagliò un'enorme massa di ghiaccio e di neve che ne ricopriva il pendio.

Ciò non pertanto stima il Belli di non dilungarsi gran fatto dal vero, assumendo per valor medio dell'altezza della materia liquida centrale a superficie libera e tranquilla, e non meschiata da materie aeriformi, quello che si deduce dalle esposte misure pei due vulcani, il Kirauea e lo Stromboli. Ora vediamo come, per questo dato, presto si giunga a valutare la densità media della crosta, in confronto di quella del nucleo liquido.

II.

Essendosi dai moderni geologi messo innanzi questo dubbio, se le parti componenti l'involuppo solido del globo abbiano, prese in complesso, una maggiore oppur minore densità, in confronto dell'interna materia liquida, che si suppone costituire la massima parte della massa terrestre, l'illustre nostro fisico, il Belli, immaginò di recarvi una soluzione, od almeno di mostrarla possibile, col paragonare l'altezza delle lave nei vulcani, dov'esse si trovano a superficie libera e tranquilla, coll'altezza media della ineguale superficie effettiva della terra, rapportandole entrambe ad una medesima elevazione, quella del livello delle acque nell'oceano. Secondo l'Humboldt, il limite massimo dell'altitudine media delle terre continentali, esclusa l'Africa, è di 307 metri superiore al livello del mare. Ora, ritenuto che questo limite debba piuttosto menomarsi che crescere coll'aggiungervi la elevazione media dell'Africa e di tutte le isole, e posto che la superficie di tutte le terre sia anche un terzo della totale superficie del globo, e non soltanto un quarto, come dai più si stima, crede il Belli si possa assegnare per limite massimo dell'altezza media dell'intera effettiva superficie del nostro pianeta 102 metri

al dissopra del livello dell'oceano. Quindi, messa a confronto quest'altezza media coll'altezza normale delle lave, fissata precedentemente fra i 700 e gli 840 metri sul livello del mare, emerge che il livello della materia fusa a superficie libera eccede di parecchie centinaia di metri la media elevazione della superficie fisica della terra. E, poichè si è già dimostrato che la crosta terrestre non può resistere ad una benchè minima interna forza distendente, bisogna inferirne che siffatte due diverse altezze di materie corrispondano però a pressioni che tra loro mutuamente si bilanciano, ossia che quelle due materie, la solida e la fusa, gravitino con egual pondo sulla superficie del nucleo liquido: epperò che alla minore elevazione della parte solida supplisca la maggiore densità di questa. Ammesso poi che la grossezza dell'involucro solido sia di 60 mila metri, e che il livello della materia fusa entro le bocche libere dei vulcani sorpassi di 600 metri la media elevazione della reale superficie del globo, si trova che il rapporto delle densità delle due materie onde farsi equilibrio, deve essere di 101 a 100, oppure di 81 ad 80, qualora si assuma invece l'altezza di 750 metri per la materia fusa. Pertanto, nella seconda parte dell'opuscolo, il Belli viene tratto a questa conclusione: che la scorza solida della terra, presa com'essa è in fatto, cioè colla varia composizione delle sue parti e co'suoi strati soggetti a varie pressioni ed a varie temperature secondo le profondità, è in adeguato alcun poco più densa dell'interna materia fusa, considerata pur questa con quella media densità che risulta dalla varia composizione, temperatura, e pressione che effettivamente compete a ciascuno degli straterelli costituenti le colonne di materia fluida che sorgono nei crateri vulcanici dalla loro superficie libera sin giù a livello dell'infimo strato solido della corteccia; e che però, come una prima approssimazione, si può ritenere che le due densità stiano fra loro nel rapporto di 100 a 101 o 101 1/4.

Ora questo risultato verrebbe a promuovere una nuova difficoltà alla teoria dell'originaria fusione dell'intera massa del globo. Imperocchè le parti consolidate trovandosi più dense delle liquide, dovevano, sino da principio, e mano mano che si formavano per raffreddamento alla superficie della massa, tendere a sommersersi ed a portarsi verso il centro di essa, appunto seguendo la comune legge dei moti molecolari dei liquidi a temperatura variabile. E però lo stesso Belli, prevedendo questa obbiezione, vi prepara una risposta, all'incirca in questi termini.

Benchè attualmente la crosta terrestre, considerata nell'intera sua grossezza, manifesti una densità media ecce-

dente quella della materia fusa che ad essa fa equilibrio, si potrebbe nullamente supporre che così fatta materia fluida, nell'atto di solidificarsi si riducesse dapprima, non già più densa — come fanno il mercurio, il piombo, lo zolfo, l'olio ecc. — ma bensì specificamente più leggiera — alla guisa dell'acqua, dell'argento, del bismuto, ecc. — e che soltanto, coll'ulteriore continuo raffreddamento si riducesse ancora più densa di quello che fosse innanzi rassodarsi. Ed in vero, ammettendo che al presente la corteccia solida abbia nel suo insieme una temperatura media pressochè equidistante tra quella che noi rileviamo alla sua superficie interna, là dov'essa fa passaggio al nucleo liquido, ne viene che dall'epoca in cui cominciò a rappigliarsi la sua prima pellicola sino ad oggi, la materia costituente la crosta attuale abbia in complesso diminuita la sua temperatura iniziale d'una quantità equivalente alla detta temperatura media. E supponendo che questa materia abbia cominciato a solidificarsi, ad una temperatura equivalente a quella della fusione delle lave, la quale secondo Bischoff, può ritenersi compresa fra quella della fusione dell'argento e del rame, cioè fra i 1000° e 1050° C. — se ne deduce che la detta materia della scorza terrestre abbia perduto da quell'epoca sino ad ora circa 500° C. per adeguato. Ma, posto anche una tale diminuzione sia stata di soli 400° C., ed ammesso che la media dilatazione cubica delle varie materie corrisponda alla media di quelle trovate pel granito, per l'arenaria e pel marmo, cioè di 26,8 milionesimi per ogni grado centigrado, sarebbe avvenuto nelle ripetute materie un aumento di densità nel rapporto dei 100 a 101 per rispetto alla densità della stessa materia innanzi di solidificarsi: e qualora invece si ponga che la detta diminuzione di temperatura sia stata di 450° C., e che la dilatazione cubica media fosse di 30 milionesimi, sarebbesi verificato un aumento di densità nel rapporto di 80 a 81. Or questi due rapporti risponderebbero appunto a quelli sopra trovati come limiti delle differenze fra l'attuale densità media della crosta solida e quella della materia fusa nell'interno dei vulcani. Di tal modo sembra al Belli sventata l'obbiezione succennata, poichè si può ben ammettere che la materia fusa nel consolidarsi si dilati, sicchè sia forzata a sormontare sul liquido ed a riunirsi alle parti superficiali già rassodate, e che nondimeno col progredire dei secoli, aggiungendovisi inferiormente altre parti solide, verrà la crosta stessa rendendosi sempre più grossa, più fredda e più densa, sino a sorpassare in complesso la primitiva densità della materia fusa.

Ma la proposizione qui sostenuta dal Belli (pag. XLII).

è in troppo aperta contraddizione con quanto ebbe ad ammettere poco addietro (pag. XV), dove, a mostrare come la lava formante il lago d'un mezzo miglio quadrato di superficie entro il cratere del vulcano Kirauea, si mantenga costantemente liquida, in onta al continuo raffreddamento superficiale, ritenne che le parti prossime a solidarsi condensandosi, si affondino e vengano rimpiazzate da altre più calde e più fluide sorgenti dall'interno. O si vuol riguardare tutta la parte solida della terra una lava primamente rassodata, e allora le materie, che la costituiscono, dovevano, anco in quei remoti tempi comportarsi come quelle che oggi stanno entro i crateri, serbandosi liquide pur alla loro superficie libera, quindi la parte di essa che andava solidandosi, anzichè rappigliarsi alla superficie di quella enorme massa infuocata e soggetta a più vigorosa pressione di materie aeriformi che oggi non sia — essendo allora tutte le acque vaporate, e svolti tanti gas ora combinati coi metalli in seno delle rocce e nei corpi organici — doveva sprofondarsi e raccogliersi dapprima presso il centro; e quindi non reggerebbe la supposta attuale fluidità interna del globo. Oppure, si vuole che nelle lave si abbiano a lasciar galleggianti le parti congelate, perchè più rare, come si ammette per la formazione della crosta, e allora non sarebbe attendibile che le lave stesse, qualora davvero fossero tranquille, avessero a perdurare in istato liquido alla loro superficie, cioè si dovrebbero ritenere come sconvolte per intestini sobbollimenti di materie gasose quelle lave che per avventura noi vediamo mantenersi liquide; epperò cesserebbero d'esser molto concludenti allo scopo propostosi dal Belli le osservazioni sulle altezze di siffatte colonne di lava.

Avverte però anche il nostro professore, esser possibile che alcune delle materie componenti la massa fusa comincino a solidificarsi prime delle altre formando dei cristalli disseminati in seno della rimanente parte ancor liquida; e questi cristalli, a suo credere, se più densi, si affonderanno verso il centro, e, se più lievi, aderiranno alla interna superficie della crosta. Ma a noi pare che siffatto processo di solidificazione meritava qualche maggior rimarco; poichè se in fatto le materie terrestri si consolidassero non già a straterelli uniformi, ma pel progressivo intrecciarsi di aghi e di ramuscoli cristallini, siccome il nostro bravo Gorini ritiene che debba sempre accadere, ancora la teoria dei sollevamenti proposti dal Beaumont sarebbe gravemente minacciata. Si veggia su questo proposito il rendiconto da noi dato dell'opera insigne *Sull'origine delle montagne*, nella quale si descrivono importanti sperienze, che siamo

ansiosi di veder ripetute su più larga scala, com'egli ha promesso di fare al nostro Istituto e alla nostra Società di incoraggiamento.

Osserveremo poi che se le parti solide formanti la crosta terre-tre hanno tra loro sì poco legame da non potersi reggere scambievolmente e da premere con tutto il loro peso sul nucleo liquido, com'è detto nella prima parte, e se le medesime parti solide sono specificamente più pesanti della materia fluida, come qui si dice, non v'è più ragione, per cui le parti stesse non abbiano a sfasciarsi le une dalle altre ed a sommergersi. E in vero il Belli crede possibile (pag. XLV) che alcuni pezzi di roccia, direttamente riposanti sul liquido e abbastanza grossi da avere una densità maggiore della massa fusa, per esempio di 8 o 10 mila metri, abbiano a staccarsi dalle sovrastanti parti ed a sprofondare sino al centro, lasciando più sottile la parte restante di crosta, la quale perciò, restando meno aggravata dal peso della parte sommersa, salirà alquanto, formando uno stabile sollevamento del suolo. Anzi di questo modo si avrebbe una facile spiegazione di quei terremoti che non manifestano relazione alcuna colle eruzioni vulcaniche, i quali d'ordinario sono tra quelli che tramandano a distanze grandissime i loro scuotimenti, e danno luogo a sollevamenti di vaste regioni, come più volte si osservò nei terremoti che tormentano assiduamente le Cordigliere dell'America Meridionale. Ma, appunto perchè questa spiegazione di tali tremuoti, dietro le cose premesse, sembra plausibile, acquista ancora maggior peso la difficoltà suespressa del possibile inabissamento di gran parte della crosta.

E infatti questa difficoltà costituisce la seconda obbiezione che l'insigne fisico propone a sè medesimo, ed alla quale egli cerca opporre altre ragioni persuadenti il contrario. Non è possibile, a suo avviso, lo sprofondamento di grandi pezzi di crosta aventi l'estensione di molte miglia, poichè, essendo essi sostenuti da una pressione equivalente al loro peso ed esercitata da sotto in su dal liquido su cui riposano, quand'anco venissero per poco sospinti in basso da estranea forza, sarebbero ben tosto ricondotti alla pristina loro posizione. E benchè siffatti pezzi avessero in alcune parti densità differenti, per cui premessero e si affondassero più per un verso che per un altro, nulladimeno cotali differenze non giungeranno tutt'al più che a far discendere le parti più dense di poche decine di metri, e quindi produrranno solo dei mutamenti di poco rilievo ed anche assai lenti nella superficie esterna della crosta. Anzi probabilmente queste differenze di densità sono, a giudizio del Belli, la causa, per cui alcune parti della crosta, le più

dense, si tengono più depresse, come sono quelle che formano il fondo dei mari e dell'oceano, richiedendo esse una maggior pressione del liquido interno per esser sostenute; mentre altre parti, le meno dense, si tengono più elevate, come sono le terre continentali e le grandi isole. Ma si potrebbe pur supporre che alcuni di questi pezzi di crosta, aventi non uniforme densità, venissero qualche fiata a sconnettersi, il più pesante scendendo e gli altri sollevandosi, sicchè per la formatasi fessura avesse ad uscire una così enorme quantità di materia fusa — appunto perchè si è detto essere il livello normale di questa superiore a quello del mare — da sommergere un ben vasto tratto di superficie; ed in pari tempo avessero a sprofondare anche le parti adiacenti, più non essendo sorretta dal reciproco loro contrasto, finchè tutto quanto l'involuppo solido fosse ruinato, precipitandosi in seno della gran massa fluida centrale. Al che risponde il Belli, avvertendo, che, quando anche a noi non apparisse la ragion fisica, per cui un così fatto totale cataclisma della terra debba tenersi per impossibile, dovremmo ancor rifiutarci dall'ammetterlo, perciocchè tanto nei tempi storici, quanto nella lunga serie delle epoche geologiche, non si hanno tracce di somiglievoli avvenimenti. Però questo modo d'argomentare a noi pienamente non soddisfa, giacchè la precedente illazione potrebbe esser rigorosa nelle forme, e pur nondimanco erronea unicamente per vizio della premessa.

Ed è appunto questa la nostra opinione, che cioè l'errore risieda nel primo dato dell'attuale liquidità della massa centrale del globo. Infatti, se nei tempi a noi prossimi l'accennato sfasciarsi dell'involuppo solido è reso difficile anche dalla grossezza del medesimo, sembra però che fosse assai più probabile nei remoti tempi geologici, quando la crosta era ancora sottile. Allora una meno energica forza distraente, e diremmo quasi il puro flusso e riflusso, provocato nella massa liquida dai moti della luna, poteva vincere la debolissima coerenza delle sue parti e ridurla in pezzi abbastanza piccoli da cedere ai movimenti proprii dei fluidi aventi disuguali densità o temperature: anzi allora una più tenue differenza di densità bastava a determinare simili movimenti.

E non ci sembra molto vigoroso neppur l'altro rimarco che il dotto professore rivolge alla predetta obbiezione, cioè che la materia fluida, trovandosi già presso alla temperatura della solidificazione, ed uscendo frammezzo a parti assai più fredde, dovrà presto rappigliarsi, e formar quindi da per sè un argine al proprio libero trascorrimento. Ma ad accordare queste posizioni si oppone dapprima il fatto

delle lave, le quali, tuttochè raccolte in sottili rivoli, trascorrono soventi fiate e con grande rapidità parecchie decine di miglia; e poscia vi sta contro l'altro fatto che non rade volte esse si riversano da un solo cratere in copia strabocchevole. Per esempio nell'eruzione del 1783 da un vulcano in Islanda sgorgò tanta lava da formare due grandi fiumi, l'uno largo dai 15 ai 20 chilometri e lungo 75, l'altro lungo 56 e largo 8 chilometri, ed aventi entrambi un'altezza ordinaria di 30 metri ed in alcuni punti persino di 180 metri; cosicchè in tutto ne traboccò un volume di lava di oltre 50 mila milioni di metri cubici, quanta basterebbe a ricoprire tutto il territorio della Lombardia d'uno strato alto più di 2 metri.

Il vivo interesse, che provammo alla lettura di questo veramente prezioso opuscolo del celebre professore di Pavia ci eccitò a porgerne un estratto ai nostri lettori, nella persuasione che a ben pochi di essi sarà venuto tra mani il non molto divulgato giornale dell'Istituto Lombardo. Le poche osservazioni, che vi aggiugnemmo, mirano unicamente, come ognuno può avvedersene, a mettere in evidenza quanto siano ardue e complicate le quistioni dichiarate in questo lavoro, senza punto scemare il valore del medesimo. Ad ogni modo crediamo aver fatta opera utile, richiamando l'attenzione degli studiosi, e segnatamente dei geologi, su questa importante memoria di fisica e matematica, giacchè per essa sono poste a nudo le più dirette conseguenze della teoria dell'attuale fusione del nucleo terrestre, le difficoltà che questa può incontrare ed i più sicuri mezzi per verificarne la probabilità. Ciò che più monta in questi intricati problemi, si è il rigore delle argomentazioni, basate su precisi dati sperimentali, e sussidiate poi e tutelate dalla possente logica dell'analisi matematica, nella trattazione della quale il nostro fisico ha dato novelle prove d'essere esperimentissimo. Invece quei geologi che amano meglio lasciar sbizzarrire la loro fantasia in cerca d'una seducente spiegazione dei fatti da essi, talvolta, incompiutamente osservati, non perverranno mai a gittare stabili fondamenti d'una teoria sulla fabbrica del nostro pianeta. Bisogna, soprattutto in queste astruse indagini, andar ben cauti nel cavar conseguenze dalle osservazioni e nell'ammettere come provate le congetture; raccogliere buon numero di fatti locali, discutendone il valore con riguardo alle dimensioni del globo; e giovarsi delle ipotesi su le cause soltanto nella vista di giungere, attraverso l'eliminazione delle meno probabili, a determinare la direzione da assegnarsi agli studii ulteriori. Certo è però che, seguendo le tracce additate qui dal Belli, potranno i geologi toccare

a più sicuri risultati. Vorremmo pur vedere la teoria della interna fluidità ignea della terra corroborata da più salde e più numerose prove che oggi non sia. Quantunque molti fatti sembrano validarla, sono però molti anche i dubbii che contro il significato di taluni di questi si ponno tuttora ragionevolmente suscitare; de' quali dubbii alcuni furono accennati negli articoli dati in questo periodico sui terremoti e sulle teorie geologiche.

Per tutto ciò noi stimiamo essere ancora prudente partito l'attenersi alla scuola detta delle cause attuali, ed alla opinione sovra espressa dell'astronomo Faye, che cioè i fenomeni geologici non necessitino alla loro produzione l'intervento attivo dell'intera massa del globo. Aggiungeremo poi che siffatta riserva ci è ancor suggerita dal seguente riflesso, già fatto dall'Arago per altro intento: che nelle epoche recenti, almeno in quelle per le quali hanno valore le osservazioni scientifiche, la terra non ha perduta una sensibile quantità di calore, perciocchè in 20 secoli corsi da Ipparco sino a noi, la diminuzione di solo $1\frac{1}{2}$ di grado c. nella temperatura del pianeta avrebbe recata una sensibile variazione nella durata del giorno sidereo. In fatti, attribuendo alla materia terrestre una media dilatabilità pari a quella del vetro — che è pur uno dei corpi meno dilatabili — all'anzidetta diminuzione di temperatura sarebbe conseguito un decremento nel volume del globo e quindi un acceleramento nella sua velocità di rotazione, tale da alterare sensibilmente la durata del giorno sidereo, mentre invece le osservazioni sui movimenti proprii della luna provano che una tal durata non ha neppur variato di $1\frac{1}{10}$ di minuto secondo. A nostro giudizio quest'osservazione fu troppo arbitrariamente interpretata, quando si disse che essa mostrava soltanto la estrema lentezza dell'attuale raffreddamento della terra, come fecero quei geologi che, per menomare i terrori suscitati dalla loro teoria della interna fusione del pianeta, si compiacquero far credere esser questo ormai pervenuto ad uno stato di perfetta tranquillità, citando all'uopo i calcoli di Fourier, secondo i quali, il calor centrale attualmente non influisce più che $1\frac{1}{30}$ di grado c. sulla temperatura della superficie terrestre. Ma non è forse più plausibile il dire, che, se la massa terrestre nei tempi a noi noti mostra di non aver scemato di volume, cioè di non essersi raffreddata, e se la temperatura della superficie della terra è in oggi intieramente dovuta all'azione solare, può ritenersi che anco ne' tempi anteriori le sue interne condizioni non abbiano notabilmente variato? Quanto poi alla rilevante diminuzione di temperatura che alcuni naturalisti, e tra i primi il Cuvier ed il

Brogniart, ammisero essersi verificata nella superficie terrestre; dietro alcune loro osservazioni sui fossili, sembra che fosse di molto esagerata, come risulta dai più diligenti rimarchi dell' Orbigny, e che pel resto possa ricevere spiegazione dalle variazioni avvenute nel rapporto fra la superficie delle terre asciutte e dei mari sotto le differenti latitudini. E, come avvertì il Lyell, quanto agli incrementi di temperatura rilevati nel suolo al di là d'una certa profondità, dove non sono più sensibili le variazioni annue del calor solare, sono ancor troppo scarse le fatte osservazioni e spinte a ben poca profondità rispetto al raggio terrestre, e sono pur troppo fra loro discordi gli aumenti notati in differenti località, perchè ci menino a molto concludenti deduzioni sullo stato fisico del nocciolo della terra. D'altronde potrebbero ancor questi incrementi di calore spiegarsi dietro altre cagioni, collegate in modo più permanente e più intimo colle condizioni proprie dell'interne parti della terra. Ma queste considerazioni ci guiderebbero tropp' oltre il nostro proposito. Epperò conchiuderemo con questa massima di filosofia naturale: che, quanto più la scienza andrà guardinga nell'accettare le brillanti teorie, tanto più sicura essa si troverà nel campo de' fatti e più stabili si rimarranno i suoi principii; e così, guadagnandosi maggior autorità presso il popolo non istruito, potrà più agevolmente sventare le stolte declamazioni della umiltà ipocrita e della caparbia ignoranza, che giudicano futile e vano ogni trovato ed ogni indagine dell'umana ragione.

Nuovi studi matematici sulla teoria meccanica del calore. — Difficoltà relative al calore specifico dei corpi risolte col riguardo alle loro calorie di dilatazione. — Calorie di fusibilità, di fusione e di soluzione dei solidi in rapporto alla loro coerenza relativa: alcuni errori di Person. — Calorie di vaporazione dei liquidi in rapporto con altre loro proprietà fisiche (*).

Anche la fisica, già il dicemmo, assunse in oggi quell'indirizzo veramente scientifico, che apportò perfezione alle dottrine astronomiche. Invece d'andar congetturando sulla natura degli agenti dei vari ordini di fenomeni, s'adopera a scoprire le correlazioni meccaniche che tra questi sussistono. Svolgere o spiegare un fenomeno, più non significa mettere a nudo le qualità di un *quid* o di un agente che operi in esso; ma sibbene trovare le colleganze di tempo e di quantità che quel fenomeno tiene con altri. Or codesta tendenza si mostra assai esplicita nelle moderne dottrine concernenti i fenomeni termici. La teoria dinamica del calore, illustrata già dalle sperienze e dai calcoli di Joule, di Thomson, di Mayer, di Clausius, di Hirn, di Regnault e d'altri molti, formò argomento anche recentemente di alcuni pregevoli studi matematici di Turazza, di Zeuner, di Maxwell, e di Bourget. Però questi lavori, che molto stimiamo, sono d'un indole così sottile, che mal sapremmo esporne qui in breve le varie deduzioni. Si occupano soprattutto di esplicitare i rapporti che collegano le variazioni di volume, di pressione, di temperatura, e di calore specifico e latente nei gas e nei vapori, all'uopo di valutare il lavoro meccanico da questi ottenibile nei diversi casi. È codesto un argomento di somma importanza, potendosene cavare una fondata teoria sul miglior modo d'impiego e su l'effetto utile delle varie macchine termo-dinamiche. Ma di ciò diremo altra volta.

Non sappiamo però che altri siasi occupato di dichiarare in modo elementare e sperimentale i fenomeni comunemente detti del calore specifico e del calor latente nei diversi corpi, per modo da collegarli con altre loro proprietà fisiche, e da poter così far entrare l'anzidetta teoria nella interpretazione della maggior parte dei fenomeni termici. È

(*) È questa una delle *rassegne scientifiche* per me pubblicate nella *Perseveranza*. Esciva alla luce il 26 luglio 1861.

questa appunto la lacuna che notammo nella terminologia del Jamin. Laonde crediamo far opera non inopportuna, esponendo sommariamente i principali risultati di queste indagini (*).

Talora molto importa pel progredire d'un ramo di scienza naturale la scelta del modo di confronto tra i corpi. Così talune proprietà fisico-chimiche ben si comprendono, guardandole nei diversi corpi in relazione ai loro pesi; mentre alcun'altre proprietà si mostrano più chiare, esaminandole in relazione ai volumi de' corpi stessi. La chimica, e massime la chimica organica, potrebbe fornirci non pochi esempi di questa verità. Ma per noi basterà riscontrarla in alcuni fatti termici. Così l'essersi ritenuto di valutare le calorie di temperatura (comunemente dette calorico specifico) ad eguaglianza di pesi ne' diversi corpi giovò a svelare la correlazione tra gli equivalenti termici e gli equivalenti chimici avvertita da Dulong e Petit; poichè i corpi s'uniscono tra loro con tali proporzioni di peso che possano, ad ogni mutazione di temperatura, ricambiare tra loro eguali quantità di calore, o meglio eguali quantità di quel moto molecolare che modifica in essi il volume. Ma d'altra parte codesto modo di valutare la caloricità specifica dei corpi influi a tenere mascherate alcune intime relazioni ch'essa ha con altre loro proprietà fisico-meccaniche. Anzi ne derivarono non pochi corollarii repugnanti — almeno in apparenza — coi principii fondamentali della teoria meccanica del calore.

Ed in vero le *calorie di temperatura* dei diversi corpi (cioè le calorie richieste a scaldare di un grado l'unità di peso di ciascuno di essi) dovrebbero corrispondere al lavoro resistente da superare per produrre in essi l'aumento di volume correlativo al loro incremento di temperatura, ossia di velocità molecolare: e pertanto codeste calorie dovrebbero diminuire per tutto che produce diminuzione di densità e di coerenza. All'opposto il calore specifico, computato con solo riguardo al peso dei corpi, risulta nei liquidi e nei solidi poco coerenti, maggiore assai che nei metalli più tenaci; ed in ciascuna sostanza esso va aumentando sia coll'elevarne la temperatura, sia col diminuire la densità con mezzi meccanici o chimici, e più ancora col passare dalla forma solida alla liquida. Ma a tutte queste incongruenze si riparava, anzi le si giustificavano col grossolano concetto che la *capacità* dei corpi pel calorico aumenti col loro crescere di volume, quasi fossero dei puri recipienti!

(*) Le cose qui riassunte furono svolte in un corso speciale di lezioni dato l'anno scorso nelle scuole della Cassa d'incoraggiamento delle Arti in Milano.

Or bene queste difficoltà si risolvono tutte in altrettante proposizioni chiare e razionali, qualora si determinino per i vari corpi nelle diverse condizioni, ciò che diremo le loro calorie di dilatazione. E già pei solidi si scorge che, riferendo la loro caloricità specifica ad eguali loro volumi, cioè moltiplicando le loro calorie di temperatura a peso per la rispettiva loro densità (con che si hanno le calorie di temperatura dell'unità di volume), queste van crescendo colla coerenza relativa nei differenti corpi. Infatti nei solidi non metallici e nei metalli di più facile fusione codeste calorie risultano in generale, notevolmente minori che nol siano nei metalli più tenaci, quali sono il cobalto, il nichelo, il ferro, il rame ed il platino. E nei liquidi scompaiono in gran parte le notevoli differenze tra la loro caloricità: mentre le calorie di temperatura a peso variano da 30 ad 1 (acqua e mercurio), quelle a volume variano soltanto da uno ad un terzo (acqua e solfuro di carbonio).

Ma una più precisa proporzionalità tra la caloricità specifica e la coerenza relativa nei singoli solidi la si riscontra dividendo le predette calorie di temperatura a volume, per il rispettivo coefficiente di dilatazione cubica, cioè determinando appunto ciò che dicemmo le loro *calorie di dilatazione*. Or queste esprimono le calorie volute a produrre eguali incrementi di volume nella unità di volume dei diversi solidi, presi ad egual temperatura iniziale. Così, ordinando i metalli rispetto ai valori decrescenti delle loro calorie di dilatazione, si ottiene la serie seguente; ferro, platino, rame, oro, argento, alluminio, zinco, stagno, cadmio e piombo, nella quale decrescono colla stessa misura i rispettivi coefficienti d'elasticità; talchè, dividendo i corrispondenti valori di quelle per questi, si ottengono dei quoti di ben poco differenti per i singoli metalli. Alcune sensibili divergenze offrono i metalli a struttura cristallina, le quali s'interpretano badando al vario esercizio in essi delle forze molecolari di orientazione secondo che la forza distraente (la trazione meccanica od il calore) opera piuttosto secondo una sola che secondo tutte e tre le dimensioni.

Il predetto risultato è di molta importanza, poichè significa che eguali quantità di calore, applicate a dilatare i suindicati diversi metalli, esercitano in ciascun d'essi lavori dinamici eguali: epperò, quando si volessero impiegare i metalli stessi a produrre delle pressioni meccaniche collo scaldarli, l'effetto utile sarà indipendente dalla natura del metallo impiegato, e sarà proporzionale soltanto alle calorie spese per dilatarlo. Similmente nei diversi liquidi le calorie di dilatazione si mostrano in rapporto e coi loro coefficienti di compressibilità meccanica e colla loro coe-

sione relativa, quale la si argomenta dai fenomeni capillari. Così risultano maggiori le dette calorie nel mercurio, nell'acqua e nell'acido solforico, che sono i liquidi più coerenti, e riescono minime nell'etere, nel solfuro di carbonio e nel cloroformio, che sono tra i liquidi più compressibili e di minor coesione. Da questi trovati emerge altresì, che anche nei solidi e nei liquidi, come nei gas, il calore specifico trovasi connesso colla velocità di propagazione del suono entro di essi; giacchè è noto esser questa velocità collegata col coefficiente di compressibilità, tanto nei solidi, quanto nei liquidi.

Or è facile vedere come si risolvano le altre difficoltà suesposte circa le variazioni del calore specifico in una medesima sostanza per differenti condizioni. Mentre le calorie di temperatura riferite ai pesi crescono tanto per i solidi, quanto, e più ancora, per i liquidi coll'aumentare della temperatura, le calorie di dilatazione diminuiscono. Perciocchè, elevando la temperatura, s' aumenta pure, anzi con una ragione più rapida, la dilatabilità, e diminuisce frattanto anche la densità: e le calorie di dilatazione sono in ragione reciproca della dilatabilità, e diretta della densità. Questa legge la si riscontra in tutte le sostanze delle quali si conoscono le variazioni nella caloricità e nella dilatabilità a differenti temperature, quali sono il ferro, il rame, il vetro, il platino, il mercurio, l'acqua, l'etere, il terebenteno, il cloroformio ed il solfuro di carbonio: l'alcoole solo offre qualche lieve divergenza da questa legge, che sembra attribuire ad errori nei dati d'osservazione. Dunque collo svigorirsi delle forze molecolari di coesione, mano mano che cresce il volume del corpo (dappoichè le variazioni nelle distanze molecolari saranno proporzionali alla radice cubica delle variazioni nel volume), diminuiscono pure le calorie di dilatazione, che in ogni caso operano in opposizione delle forze aggregative.

Ed analogamente per una sostanza in istato liquido le calorie di dilatazione risultano minori che nello stato solido, sebbene sian maggiori le calorie di temperatura a pesi eguali, perchè quand'è liquida ha un coefficiente di dilatazione assai maggiore, e perchè in molti casi, la liquefazione va accompagnata da notevole diminuzione di densità. Anche codesta legge la riscontrammo nelle poche sostanze delle quali son noti i valori della caloricità e della dilatabilità nei due stati, cioè nell'acqua, nel fosforo, nel solfo e nel jodio. Del pari, se per alcuni lavori meccanici o per alcune operazioni fisico-chimiche un corpo muta il suo modo d'aggruppamento molecolare, sicchè risulti men denso o men coerente, riescono minori anche le sue calorie di di-

latazione. E pertanto, tuttavolta che per qualsiasi modo si svigoriscano le forze aggregative o di coesione, diminuiscono pure le calorie di dilatazione. È questa deduzione, a nostro avviso, una novella ed importante conferma della teoria meccanica del calore. E così tutti quei fatti, che apparivano oscuri o contraddittorii per le comuni nozioni del calore specifico, divengono chiari e collegati da un unico principio col riguardo delle calorie di dilatazione. E se ancora ci appajono alcune anomalie, speriamo che esse pure verranno risolte per ulteriori studi sperimentali, favoriti quali or sono dalla sicura scorta d'alcuni principi direttivi.

Analoghi rilievi si possono fare sui fenomeni termici che accompagnano le mutazioni di stato. E anzitutto il comune concetto di *calorico latente* non è meno grossolano di quello testè criticato di calorico specifico. I corpi or sono qualche cosa di più che recipienti a mutabile capacità; sono dei nascondigli assai curiosi, dove una forza può cessare d'esercitarsi, senza cessar d'essere. Ben può una forza non produrre moto manifesto, se è equilibrata da altra o da più forze contrarie; ma con ciò essa non lascia mai d'essere operativa, altrimenti quest'altra o quest'altre forze si manifesterebbero alla loro volta. Esaminiamo partitamente la liquefazione dei solidi e la vaporizzazione dei liquidi.

Perchè un solido si riduca liquido per via di solo calore, bisogna prima supporne elevata la temperatura dallo zero assoluto sino a quella di sua fusione, comunicandogli ciò che diremo le sue calorie di fusibilità, e poscia bisogna effettuarne la liquefazione sotto la stessa temperatura, comunicandogli le calorie di fusione. Ora, tanto le calorie di fusibilità, quanto quelle di fusione pei diversi corpi vogliono essere riferite a volumi eguali, anzichè a pesi eguali, come s'usa pel calor latente dei liquidi. Di tal modo emerge che i metalli vengono ad ordinarsi per rispetto alle *calorie di fusibilità* (il prodotto delle calorie di temperatura dell'unità di volume del solido per la sua temperatura di fusione contata dallo zero assoluto, che può ritenersi a circa -270° C.) in una serie affatto concorde con quella relativa alle loro calorie di dilatazione. Epperò, dietro quanto s'è visto sopra, anche codeste calorie di fusibilità devono essere proporzionali alla varia coerenza dei metalli stessi. E similmente le *calorie di fusione* dell'unità di volume si mostrano corrispondenti alla forza aggregativa che ancor residua tra le molecole del solido quand'è alla temperatura di fusione. Talchè, sommando insieme per ciascun metallo le calorie di fusibilità e quelle di fusione, si ha una misura relativa abbastanza attendibile, del totale lavoro resistente che devesi vincere per render liquidi i diversi me-

talli, supponendoli presi sotto l'unità di volume allo zero assoluto di temperatura. Ma ciò si rileva sussistere anche per i solidi non metallici.

Son già varii anni che Person avvertiva, quanto ai metalli tenaci, una relazione tra le loro calorie di fusione ed il loro coefficiente d'elasticità. Ma egli non approfittò convenientemente di questo trovato; anzi lo confuse stranamente con cert'altro suo pensiero. Suppose che le calorie di fusione avessero altresì relazione colla differenza del calore specifico che ogni sostanza presenta secondo che è solida o liquida: e, segnatamente nei solidi poco tenaci, ritenne fosse questa la principal ragione delle calorie di liquefazione. Noi abbiamo già notato sopra che codesta differenza si collega invece colla differenza nella dilatabilità termica della sostanza stessa in tali due stati. Ed ora asseriamo, che essa non può aver relazione diretta colle calorie di fusione. Infatti queste si riferiscono unicamente all'effettuare la mutazione di stato d'aggregazione, senza modificazione nella temperatura, talché, nel determinarle sperimentalmente, si pone che la sostanza, pur dopo fusa, abbia la stessa temperatura per cui s'effettua la fusione. All'incontro il calore specifico d'un corpo si riferisce unicamente ad una mutazione di temperatura, e appunto perciò la denominazione di calorie di temperatura ci parve meglio appropriata.

Osserviamo poi che, valutando le calorie di fusione dei varii solidi presi a volumi eguali, cioè moltiplicando le calorie di fusione dell'unità di peso per la densità relativa che ha ogni solido lorchè sta per fondersi, si manifesta una legge assai più semplice di quella posta da Person e consona ai principii della teoria meccanica del calore. Ed è che, tanto nei solidi tenaci, i metalli, quanto nei poco coerenti, i corpi non metallici, le calorie di fusione dell'unità di volume hanno intimo rapporto con due fenomeni che accompagnan sempre la mutazione di stato, cioè il dislegamento delle molecole con diminuzione nella coerenza, ed una repentina variazione di densità. Laonde, in ogni caso, le dette calorie corrispondono al lavoro meccanico da produrre, sia per fluidificare le particelle del solido già scaldate alla temperatura di fusione, sia per mutarne le distanze molecolari in relazione alla variazione di volume occorsa nell'atto della liquefazione.

Non pochi solidi si possono liquefare tanto per via ignea, cioè per fusione, quanto per via umida, cioè per soluzione. Ora sciogliendo entro l'acqua alcuni sali, o non idratabili, o già idratati si offrono varii interessanti fenomeni, studiati da molti, e segnatamente da Person, il quale però non ci

sembra averli tutti interpretati a dovere. Le *calorie di soluzione* d'un dato solido sono maggiori delle corrispondenti calorie di fusione; anzi le prime s'accrescono e coll'aumentare la quantità relativa del liquido solvente, e col diminuire in questo la temperatura. Or, colla scorta delle cose notate poc'anzi, è facile vedere che a sciogliere un solido, oltre al calore necessario a fluidificarne le particelle, richiedesi quello corrispondente al lavoro di trasporto o di disseminazione delle molecole disciolte in tutta la massa del solvente. E questo lavoro crescerà appunto, sia aumentando il volume del solvente e quindi lo spazio entro cui va diffuso il corpo disciolto (*), sia accrescendo la resistenza opposta dal liquido a questa diffusione, cioè aumentando in esso la coesione per diminuzione di temperatura. Sarà però anche da tener conto del lavoro molecolare corrispondente alla variazione di volume, che di solito accompagna la soluzione d'un solido. Ed è pur facile l'intendere, che per un solido già sciolto, cioè per una soluzione, le calorie volute ad aumentarne la temperatura (vuoi il calore specifico) saranno minori di quelle che richiedeva prima di sciogliersi; poichè, essendo già fluidificata, opporrà minore resistenza all'esser dilatato in corrispondenza all'aumento di temperatura. Ebbene codesti fatti, che ci appaiono di così facile dichiarazione colla dottrina meccanica del calore, vennero non bene interpretati dal Person, preoccupato come era dall'idea che nelle calorie di mutazione di stato d'un corpo abbia influenza la differenza nel suo calore specifico prima e dopo la mutazione stessa. Tant'è vero che pur nelle scienze sperimentali bisogna guardarsi dai pregiudizii!

Ancor quando si vaporizza un liquido, sia per lenta evaporazione, sia per ebollizione, devonsi esercitare due distinti lavori meccanici. Vuolsi vincere ogni coesione ancor operante tra le molecole del liquido, per ridurlo allo stato di fluido espansibile, e poi vuolsi diffondere le molecole di questo entro un dato spazio, in correlazione alla densità relativa del vapore prodotto ed alla pressione su di esso esercitata da altro fluido ambiente. A compiere codesti lavori servono le *calorie di vaporazione*, ciò che altri impropriamente denomina calor latente del vapore prodotto. Ma anche ad apprezzare i rapporti tra i lavori di disgregamento

* È questo caso affatto analogo a quello che offre un gas, lorchè aumenta di volume, per accresciuta capacità dello spazio in cui può distendersi; il gas si raffredda da per sè, poichè il lavoro di espansione non può compiersi che a scapito di quella velocità delle sue molecole che, giusta la teoria meccanica, corrisponde alla sua temperatura.

dei diversi liquidi, è necessario riferire le rispettive loro calorie di vaporazione ad eguali loro volumi, e non già ad eguali pesi, come si suole. Bisogna dunque moltiplicare le calorie di vaporazione dell'unità di peso del liquido per la densità che questo ha all'atto del vaporizzamento; la qual densità, ove non la si determini direttamente, la si calcola in funzione del coefficiente medio di dilatazione del liquido stesso tra lo zero termometrico e la sua temperatura d'ebollizione. E così si riscontra che le calorie di vaporazione dell'unità di volume dei vari liquidi sono direttamente proporzionali alla loro coerenza relativa ed al volume relativo assunto dal loro vapore. Ond'è che pel mercurio e per l'acqua le calorie di vaporazione sono di molto maggiori che per l'alcoole, l'etere ed il terebenteno, liquidi ben poco coerenti, ed i cui vapori hanno un piccolo volume relativo (è questo il rapporto tra il volume assunto dal vapore sotto la pressione di un'atmosfera, ed il volume del liquido bollente che lo produsse).

È però cosa rimarchevole che per i cinque liquidi or citati risulti presso che costante il rapporto tra le calorie di disgregazione del liquido e quelle di espansione del vapore; benchè gli stessi liquidi diversifichino assai tra loro per densità, per coerenza, per vaporabilità, per calorie di temperatura e di vaporazione, e per densità relativa dei vapori. Il che accenna sussistere un intimo rapporto tra la coerenza residua nel liquido all'atto dell'ebollizione ed il volume relativo del vapore da esso ingenerato. Ma è poi altra cosa da tenersi in gran conto nell'apprezzare l'effetto utile della macchina a vapore, che le calorie volute a svolgere nel vapore ciò che dicesi il suo *potere dinamico* (il qual è proporzionale al volume relativo del vapore stesso), cioè a produrre in esso una forza espansiva equivalente alla pressione del gas ambiente, riescono, in tutti i liquidi surripetuti, all'incirca solo un dodicesimo delle calorie di vaporazione. E pertanto la massima parte del calore richiesto a vaporizzare un liquido, va impiegata a vincere in esso la coesione, e va quindi perduta per chi voglia usare qual forza motrice l'espansività del vapore. D'altronde questa parte delle calorie di vaporazione, che serve a disgregare le molecole del liquido, riesce sensibilmente proporzionale al modulo di coesione dei singoli liquidi, quale lo si desume dalla loro varia elevazione in un tubo capillare. E poichè le calorie di vaporazione di un liquido e la densità relativa di esso e del suo vapore variano col mutare la temperatura di vaporizzamento, ossia la pressione esercitantesi sul liquido stesso, s'avrà con ciò un modo di valutare le variazioni nelle forze molecolari in relazione allo stato di temperatura o di dilatazione in cui esso si

trova. Ed ecco un'altra di quelle intime relazioni che sussistono e che tuttodì vanno scoprendosi tra i diversi ordini di fenomeni fisici; non meno interessante di quell'altra che fu riconosciuta, non è molto, fra le temperature d'ebollizione delle varie serie di liquidi organici e le rispettive loro formole di composizione.

Noi speriamo che i pochi riflessi suesposti varranno a mostrare con quale facilità e con quale vantaggio potremmo introdurre la teoria meccanica del calore, nell'insegnamento anche elementare, della termologia. Questa dottrina, oltre al collegare tra loro chiaramente non pochi fenomeni a primo aspetto disparati ed al semplificare l'esposizione dei principii fondamentali della scienza, agevola anche in singolar modo la soluzione di molti problemi fisico-meccanici. Così, ad esempio, conosciute talune relazioni tra la densità, il calore specifico, il coefficiente di dilatazione, il coefficiente d'estensibilità o di compressibilità e la velocità di trasmissione del suono nei diversi corpi solidi o liquidi, si potranno prevedere con approssimazione le variazioni di ciascuno di tali elementi in funzione di assegnate variazioni negli altri. E d'altronde, potendosi riguardare il calore nei corpi come l'atto d'un peculiare movimento delle loro molecole, e quindi le variazioni nella loro temperatura corrispondendo ad una variazione nella velocità delle molecole stesse, ben si comprende come questa teoria si connetta coll'altra della correlazione e trasformabilità delle varie forze fisiche, dei progressi della quale diremo alcun che in una prossima rassegna.



La seconda lettera del Vera — Teoria del Boscovich — Concetto del Cosmos reale — Meriti di Humboldt — Importanza dei numeri nella fisica — Connessioni tra le varie proprietà dei corpi ().*

La seconda lettera del professor Vera, inserta nel N. 601 di questo giornale, tocca alcuni punti di storia delle scienze, sui quali saremo brevi, e versa anzitutto su la quistione generale del metodo nelle scienze, la quale ci sembra non indegna della pubblica attenzione.

Afferma il dotto professore che Kant ed Hegel dimostrano, ben prima di Faye, coesistere nella materia la forza attrattiva e la ripulsiva; rimprovera i fisici di non curare abbastanza i lavori di que' filosofi su le scienze fisiche, lavori ch'ei dice vasti e profondi, e che, a suo credere, diedero un giusto indirizzo alla scienza generale della natura; e ritiene avere l'Humboldt ritratto il concetto e l'orditura del suo *Cosmos* dalle dottrine di Schelling e di Hegel.

Non insisteremo per mostrare che la ripulsione supposta da Faye tra la materia cometica e la superficie incandescente del sole non va confusa nè colla ripulsione per polarità magnetica ideata da Bessel, nè col principio della coesistenza nella materia dell'attrazione e della ripulsione. Noteremo invece che codesto principio venne provato ed ammesso nella scienza ben prima che fosse *dimostrato* da Kant e da Hegel. I matematici, i fisici ed i chimici più distinti dello scorso secolo eran compresi della necessità di porre operanti nelle molecole de' corpi due forze tra loro antagoniste, dette di attrazione e di ripulsione. Dalle opere di Gravesande, di Boscovich, di Eulero, di Muschenbroek, di Boerhave e di Lavoisier — a citare solo i più celebri — potremmo cavare le più ampie prove di questo nostro asserto. Vasta e profonda fu certo la teoria delle forze operanti tra i punti materiali, qual fu ideata ed applicata da Boscovich (1745 a 1758) alla interpretazione di quasi tutti i fenomeni fisici; teoria che venne recentemente emendata e perfezionata da Mossotti nella celebre sua dissertazione (1836) su le forze che reggono la costituzione dei corpi. Codeste forze e pel Boscovich e pel Mossotti

(*) È questa un'altra delle *rassegne scientifiche* (pubblicate nella *Perseveranza* 19 settembre 1861).

mutan così d'intensità in relazione alle distanze delle molecole, che, con varia vicenda, producono fra queste ora ripulsione ed ora attrazione. Però noi saremo ben grati al signor Vera, se, colla promessaci versione della filosofia naturale di Hegel, ci persuaderà che in essa vi sia *molto da apprendere per i fisici*, e che noi ebbimo torto, asserendo che le vedute fisico-astronomiche di quel filosofo, non essendo appoggiate da *rigorose dimostrazioni*, non hanno un *valor scientifico* maggiore di quello che può accordarsi a taluni giusti intuiti di Filolao, di Archita e d'altri pitagorici, e ben potremmo aggiungere di Telesio e di Bruno, i quali pure presentarono non poche verità dimostrate dalla scienza moderna.

Nè ci par giusta l'accusa di ingratitudine data all'Humboldt, per non aver menzionati nella sua opera i più importanti scritti di Schelling e di Hegel. Il tentativo di descrizione del *Cosmos* fatto dal naturalista tedesco ci sembra assai diverso e per il piano e per il metodo dalla scienza ideale del *Cosmos*, quale se l'andarono figurando i fondatori della *metafisica della natura*. Anzichè un riflesso delle dottrine d'Hegel, il concetto ed il disegno del *Cosmos* di Humboldt ci sembrano un riflesso dei tanti lavori di sintesi scientifica, che da un secolo si tentavano dagli astronomi e dai naturalisti d'ogni parte d'Europa. Ed in vero le principali opere di Maupertuis, di Buffon, di Bonnet, di Laplace, di Lamarck e di Geoffroy S. Hilaire - per dire solo dei francesi - si mostrano chiaramente dominate dal concetto del *Cosmos*. Però Humboldt va ritraendo dall'astronomia, dalla fisica, dalla geologia, dalla geografia fisica, dalla botanica e dalla zoologia le più importanti leggi di natura, per istringerle e coordinarle possibilmente in un quadro, dove spicchi l'armonia che tra esse sussiste.

Ond'è che il *Cosmos* dei fisici molto differisce da quello dei filosofi dogmatici. Propongonsi i primi di riassumere le varie colleganze od attinenze, che per via di sperimenti o di calcoli si rilevano tra i diversi fenomeni naturali, all'intento di conoscere le condizioni del successivo e contemporaneo prodursi dei fenomeni stessi. Ed è in seguito alla scoperta di codeste reali connessioni tra le varie cose esistenti, che si riconosce essere l'universo un sistema i cui atteggiamenti, continuamente mutabili, si succedono secondo immutabili rapporti. E così, mentre pei filosofi dogmatici d'ogni scuola, l'ordine e l'armonia son posti *a priori*, o come decreto d'una suprema volontà, o come una necessità razionale, i naturalisti trovano *a posteriori*, mercè lo studio analitico dei singoli fatti, un'armonica colleganza delle cose e dei loro fenomeni. E codesta non

è piccola differenza. Essa importa la piena indipendenza delle dottrine naturali da qualsiasi sistema di filosofia o di teologia; indipendenza che noi vorremmo, per ogni riguardo, assoluta. Non pochi naturalisti, ancor oggi, hanno ingombra la mente da pregiudizii metafisici o teologici, sì che sono trascinati a tali contraddizioni, od a tali reticenze, che incagliano non poco il progredire delle scienze induttive. La vera cosmologia non abbisogna d'altra luce nè d'altra scorta fuor quelle della sperienza e della logica matematica. Ben potrà poi la metafisica far tesoro dei trovati di codesta scienza, e aggiungere delle spiegazioni ideali come meglio crederà alle leggi fenomenali da questa raccolte: ma con ciò le leggi stesse non acquisteranno maggior valore scientifico. Tale almeno è la convinzione nostra.

D'altronde la scienza della natura, ad essere costituita a dovere, richiede oggidì un così vasto corredo di cognizioni scientifiche, e tutte ben approfondite, che non può darsi in una mente sola, se non per istraordinaria eccezione. Ed è forse sotto questo aspetto che può farsi qualche fondato appunto al *Cosmos* di Humboldt. La parte descrittiva dei particolari fatti di astronomia, di geologia e di geografia fisica, e le annotazioni di storica erudizione soverchiano di troppo la sintesi scientifica. E ciò, forse, perchè l'Humboldt poco si valse di certi generali principii meccanici di conservazione delle forze vive, di equivalenza e di mutua trasformabilità delle forze fisico-chimiche, ecc., pei quali la fisica moderna si è innalzata d'assai nella gerarchia delle scienze.

Nè con ciò intendiamo disistimare i tentativi fatti dai filosofi speculativi per comprendere sotto i loro astratti principj il sistema della natura. Così, ad esempio, crediamo ancor noi che le opere di Descartes e di Leibnitz abbiano contribuito poco meno di quelle di Galileo e di Newton a diffondere tra gli studiosi la stima e l'amore per le scienze naturali, dianzi poco curate, ed a mostrare quale aiuto e quanta luce possano recare le matematiche nella determinazione delle leggi de' fenomeni naturali. Tuttavia non possiamo ammettere le argomentazioni del Vera circa « una » cognizione superiore alla matematica e ad una scienza sovrana, senza la quale non sonvi che cognizioni oscure ed incerte, anzi non havvi vera scienza. » La matematica, l'astronomia, la fisica non riconoscono altra scienza superiore all'infuori di quella filosofia che, appoggiandosi ad esse, tratta del metodo scientifico, e riassume, coordinandoli, i più alti trovati delle scienze istesse. Di tale indole sono i primi volumi del *Corso di filosofia positiva* di Augusto

Comte, la Storia della filosofia induttiva di Whewell, il Discorso su la filosofia naturale di Herschell, ed il 1.^o volume del Trattato su la colleganza delle idee fondamentali nelle scienze, testè pubblicato da Cournot. Però questa, che potrebbesi dire la logica delle scienze, non è così necessaria, che non possa formarsi e costituire una scienza all'infuori di essa, e senza il di lei aiuto. Tant'è che essa non è ancora una scienza ben costituita; eppure la matematica, l'astronomia e la fisica sono scienze da tempo ed a sufficienza costituite, benchè non abbiano raggiunto lo stesso grado di perfezione.

Le successive argomentazioni del nostro oppositore su le qualità e l'essenza delle cose e su la negazione dei limiti dell'umana intelligenza ci richiamano alla mente alcune argomentazioni degli eleatici e dei sofisti. Le quantità sono rapporti di grandezza, che intendiamo chiaramente; poichè, come disse Vico, li si creano da noi col definirli. Le qualità invece non le comprendiamo per bene, se non quando giungiamo ad apprezzarle in forma di quantità; almeno così accade di quasi tutte le qualità fisico-chimiche dei corpi. La densità relativa, la tenacità, la durezza, l'elasticità, la compressività, la dilatabilità, la caloricità specifica, la conduttività termica superficiale ed interna, la diatermicità, la conduttività elettrica, il potere induttivo elettrico, l'altezza dei suoni, il potere rifrangente, il potere calorifico, l'equivalente chimico, ecc., si riferiscono ad altrettante qualità che si definiscono nei singoli corpi per mezzo di numeri, esprimenti il rapporto della loro grandezza con quella che ha la qualità stessa in un dato corpo, e che è presa per unità di misura. E quasi tutte le indagini speciali dei fisici ad altro non intendono che a determinare colla maggior possibile approssimazione alcuni numeri, i quali appunto misurano questa o quella qualità nei singoli corpi; nel mentre che le loro indagini generali si propongono di trovare le relazioni o funzioni, che collegano tra loro le differenti proprietà nei diversi corpi. Le varie qualità corrispondono a forme diverse di aggruppamenti delle molecole, od a diverse forme di movimenti che si effettuano nelle molecole stesse. Nulla di più si ricerca dai fisici sotto il nome di qualità. Delle essenze non si curano nè punto nè poco, e lasciano ai filosofi di discorrerne a lor talento. Perciò, allorchè i pitagorici asserirono che la natura si costruisce per punti e numeri, ebbero un ben *fortunato intuito*, come dissimo altra volta. E meglio ancora intuì la natura il Galileo, dicendo che a produrre i varii fenomeni fisici de' corpi altro non richiedesi in questi che varie grandezze e varii movimen-

ti. E circa ai limiti dell'intelligibile, se pur non sono assoluti, certo ognuno se ne sente accerchiato, e, per dotto che sia, deve confessare che la somma delle cose ignorate soverchia quella delle conosciute, e che poi talune cognizioni mai non si poterono aver chiare, per quanto da lunghi secoli vi si adoperino i più forti ingegni, quali sono appunto quelle che concernono la essenza e le cause prime delle cose.

Ben è vero che i fenomeni sono semplici manifestazioni della sostanza, siccome dicono i filosofi: ma i fenomeni cadono sotto il dominio dei sensi e della ragione, e la sostanza vien solo intuita dalla fantasia. Epperò dei primi si può tener fondato discorso, dell'altra si può soltanto parlare a talento, o piuttosto a capriccio, come fecero e fanno gli ontologi d'ogni tempo. I rapporti di causa ed effetto, e di azione a reazione sono ammessi anco dai fisici, ma non in senso assoluto, come usano i filosofi: poichè fra i due termini di questi rapporti si riconosce una perfetta reciprocità, a motivo della connessione di tutti i fenomeni e di tutte le forze. Quel fenomeno, che sotto un dato aspetto si riguarda quale causa di un altro, viene sott'altro aspetto riconosciuto effetto di quest'ultimo: così i fenomeni termici, chimici, elettrici e magnetici si riproducono gli uni dagli altri a perfetta vicenda. E ciò che per un verso si dice azione, è reazione per l'altro verso; mentre in ogni fenomeno questi due atti ponno dirsi contemporanei, non potendo un corpo modificare di qualsiasi modo lo stato di un altro, senza che questo non modifichi lo stato del primo; cosicchè il fenomeno stesso consiste nell'insieme di tali due modificazioni. Anche nell'apparente trasmissione del moto da un corpo ad un altro, sono le forze molecolari proprie di quest'ultimo che determinano una modificazione nello stato di moto d'entrambi. Ad ogni modo, non possiamo ammettere che codesti rapporti ed altri, citati dal Vera, quelli di sostanza ed accidente, di identità e differenza, costituiscano, com'ei dice, « una logica intera, » e quasi una trama di categorie e nozioni che entrano quali « *elementi componenti nella costituzione della natura*, e senza » le quali la natura non possa concepirsi. » Gli elementi per noi necessari a comprendere la natura sono i fenomeni, così dal lato della percezione, come da quello dei concetti meccanici e dei raziocini matematici che su di essi si formano, per collegare tra loro i fenomeni. E manco importa ai fisici di far quistione su ciò che i filosofi denominano *forme essenziali della materia*. Dicendo materia, poniamo un semplice concetto astratto, per cui si afferma in ogni singolo corpo il complesso delle qualità o proprietà che,

per induzione, riteniamo comuni a tutti i corpi. Ma queste proprietà generali hanno tutte pel fisico lo stesso valore, senza più curare l'antica distinzione che tra esse si faceva in primarie e secondarie. Così l'estensione, la discontinuità tra le parti (porosità), la variabilità di volume, l'elasticità, la gravitazione, il moto, la massa, ecc., sono proprietà tutte egualmente necessarie a formarsi tanto il concetto di un corpo in genere, quanto quello di un qualsiasi fenomeno di corpi o di molecole. Epperò il fisico non cerca la *evoluzione* e il *concatenamento ideale* di queste forme, e s'accontenta di riscontrare che, mercè i principj d'inerzia, di conservazione delle forze e di trasformazione de' movimenti, s'intende l'unità meccanica dell'universo. Il fisico crede appunto « che il compito della scienza sia terminato, quando » egli giunga per ciascun fenomeno a misurare e pesare la » materia, sicchè con segni geometrici possa denotare i moti » che ad esso corrispondono. » Ogni ulteriore indagine è da lui stimata inutile pel progresso della scienza. Nè per queste sue credenze vorrà il comune buon senso dichiarare che egli abbia la *mente perversita*.

Quanto alla « cognizione delle sfere più concrete e più » profonde della natura, quali sono l'organismo e la vita » non possiam credere che le astrattezze della filosofia eghe-
liana vi arrechino maggior luce di quanta possano addurvi quelle investigazioni sperimentali, che oggi si fanno con amore e in Germania ed in Italia ed in Francia rispetto ai varii fenomeni fisico-chimici dei corpi viventi. I felici lavori sintetici di Berthelot e di altri confermano sempre meglio quanto Liebig e Gherardt e Lehmann asserirono, che cioè le forze stesse regolatrici dei fenomeni chimici ne' corpi inorganici reggano quelli altresì che si compiono nei corpi viventi. Al chimico, come al fisico, non importa punto di dare una bella definizione astratta di vita — ne lascian la briga ai filosofi — ma bensì loro importa di notare quali siano le condizioni fisico-chimiche, senza delle quali la vita nè si manifesta, nè si mantiene nei corpi.

Lasciam pure al Vera la pena di deciferare quel suo curioso indovinello, per cui dice che, *fino ad un certo segno* la scienza astronomica *posa tutta* sul concetto di centro; e che però nè i matematici, nè i fisici *posson dire cosa sia* il centro fisico. Ci rivolgiamo dunque a lui, che qual filosofo ce lo può dire, pregandolo di toglierci presto da cosiffatta ignoranza.

E per usare le voci forza, attrazione, magnetismo, ecc., basta che i fisici dichiarino quali siano i corrispondenti significati meccanici, perchè le voci stesse abbiano un senso scientifico. E quindi non sappiam vedere come mai le pa-

role del Jamin, da noi altra volta citate, racchiudano la condanna della fisica puramente matematica. Esse accennano soltanto entro quali limiti debbano contenersi le ipotesi fisiche, bastando che queste soddisfacciano alle condizioni meccaniche dei varii fenomeni: poichè siffatta cognizione è sufficiente tanto per la previsione dei fenomeni stessi, quanto per provocare le forze naturali al soddisfacimento d'alcuni nostri desiderii, o d'alcuni nostri bisogni.

Molti altri appunti potremmo fare alle asserzioni dell'onorevole nostro contraddittore, se non temessimo di abusare della pazienza dei lettori. Così, per parte nostra, dichiariamo chiusa codesta polemica, che noi abbiam sinora accettata e per riguardo all'alta stima che portiamo dell'ingegno e del carattere del prof. Vera, e per riguardo all'importanza degli argomenti in essa toccati. Però ci sembra che lo stesso nostro oppositore abbia pronunziata una ben sfavorevole sentenza per la filosofia da lui sostenuta, lorchè esci a dire, che le migliori massime metodiche, proclamate da Galileo e da Newton, le quali impressero un sì rapido e sicuro sviluppo alle scienze naturali, costituiscono il catechismo di una *dottrina falsa e dannosa* per la scienza in generale, e quindi anche per la fisica; come pur quando non seppe rattenersi dall'asserire che la matematica abbia *pervertito la mente* dei fisici. Se la filosofia egheliana conduce a cosiffatte illazioni, noi stimiamo fortunati i fisici italiani ed i francesi d'averla trascurata.



1207

**Trovansi vendibili in questa Libreria
dello stesso Autore :**

Manuale di Fisica. Parte I.^a Lugano 1857.

**Relazione tra alcune proprietà termiche ed altre
proprietà fisiche de' corpi. Pavia 1862.**

Compendio di Elettrologia. Milano 1863.

Prezzo del presente volume L. 4.



VOLPARI





